

# Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

## Jahrbuch 2020



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag





## Jahrbuch 2020

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.





<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



Braunschweigische  
Wissenschaftliche Gesellschaft

# **Jahrbuch 2020**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



# **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2021

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2021

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2021

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-7423-4

eISBN 978-3-7369-6423-5

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	7
Organe der BWG 1943-2020	8

### PLENARVERSAMMLUNGEN

25.01.2020	in Braunschweig	
	<i>Otto Richter</i> : Begrüßung – Rückblick – Ausblick	10
	<i>Ulrich Reimers</i> : Antrittsrede	14
	<i>Peter Burschel</i> : Der Tanz der Tapuya – Zur kulturellen Codierung von Hautfarben in der frühen Neuzeit	17
	<i>Klaus Gahl</i> : Schlusswort	40
14.02.2020	in Braunschweig	
	<i>Helwig Schmidt-Glintzer</i> : Hongkong und Chinas Zukunft	
28.08.2020	in Braunschweig	
	Wahlsitzung	
18.12.2020	in Braunschweig	
	Haupt- und Wahlsitzung	

### KLASSENSITZUNGEN

#### **Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften**

14.02.2020	in Braunschweig	
	<i>Wolfgang Durner</i> : Boden. Physik. Umwelt: Einblicke in das Arbeitsgebiet eines Geoökologen	
26.06.2020	in Braunschweig	
	<i>Andreas Kirschning</i> : Zirkulare Kausalität – ein Ausgangspunkt zur Entschlüsselung des Ursprungs des Lebens	41
13.11.2020	in Braunschweig	
	<i>Philipp Klahn</i> : Neue Wege gegen Gram-negative Pathogene	

#### **Klasse für Ingenieurwissenschaften**

14.02.2020	in Braunschweig	
	<i>Stefan Hartmann</i> : Aspekte der Materialparameteridentifikation	



26.06.2020	in Braunschweig <i>Cristian Gebhardt</i> : Ein vereinheitlichter nichtlinearer Ansatz zur Strukturanalyse von Balken- und Schalenträgwerken	50
13.11.2020	in Braunschweig <i>Andreas Waag</i> : Quantentechnologien	

### **Klasse für Geisteswissenschaften**

14.02.2020	in Braunschweig <i>Regularien</i>	
13.03.2020	in Braunschweig <i>Regularien</i>	
26.06.2020	in Braunschweig <i>Nicole Christine Karafyllis</i> : Georg Simmel und seine Wiederentdeckung als Philosoph: Aktuelles aus der Forschung	60
13.11.2020	in Braunschweig	

### **FESTVERANSTALTUNG**

mit Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille am 16. Oktober 2020 in der  
Dornse des Altstadtrathauses

### **Carl Friedrich Gauß-Kolloquium**

#### **„CRISPR/Cas: Chancen und Herausforderungen für die Medizin“**

<i>Klaus Gahl</i> , BWG Begrüßung	70
--------------------------------------	----

<i>Anja Hesse</i> , Kulturdezernentin der Stadt Braunschweig Grußworte	72
---	----

<i>Michael Steinert</i> , TU Braunschweig Einführung in die Thematik und Moderation	75
--	----

*Hildegard Büning*, Hannover  
Neue Wege in der Gentherapie

*Chase Beisel*, Würzburg  
The tracrRNA revisited: new biology and promising technologies

*Christopher H. Baum*, Schleswig-Holstein  
Die Herausforderung der Präzision in der Gentherapie

*Dirk Heinz*, Wissenschaftlicher Geschäftsführer, Helmholtz-Zentrum für  
Infektionsforschung GmbH



Laudatio zur Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille 2020 an <i>Prof. Dr. Emmanuelle Charpentier, Founding and Acting Director, Max Planck Unit for Science of Pathogens, Berlin</i>	82
---	----

*Emmanuelle Charpentier, Berlin*

Festvortrag: CRISPR/Cas9: How a bacterial immune system revolutionizes genome  
engineering in life sciences

*Klaus Gahl, BWG*

Schlusswort	88
-------------	----

Urkunde und Lebenslauf der Preisträgerin	89
--	----

## KOMMISSIONEN und QUERSCHNITTSBEREICHE

### SYnENZ

<i>Reinhold Haux:</i> Bericht aus der BWG-Kommission „Synergie und Intelligenz: technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ)“	93
--	----

<i>Reinhold Haux:</i> Lässt sich erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen empirisch feststellen? Überlegungen zur Adaptierung des Turing-Tests, Ausarbeitung von 2 Vorträgen im Rahmen der SYnENZ-Zirkel vom 16.7.2020 und am 4.2.2021	99
---	----

<i>Jochen Steil:</i> Bericht zum 1. SYnENZ Zirkel der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz (SYnENZ): „Können Maschinen ethisches Verhalten lernen?“	117
---	-----

### RECOLLECT

<i>Nicole C. Karafyllis:</i> Bericht aus dem BWG-Querschnittsbereich zur Sammlungs- forschung RECOLLECT	121
--	-----

### JUNGE BWG

07.02.2020	10.00 Uhr	Mitgliederversammlung
10.07.2020	10.00 Uhr	Mitgliederversammlung
04.09.2020	16.00 Uhr	Gesellschaftsabend mit Podiumsdiskussion
05.11.2020	10.00 Uhr	Mitgliederversammlung

<i>Janina Bahnemann und Philipp Klahn:</i> Bericht zu den Aktivitäten 2020 der „Jungen BWG“	123
--	-----

<i>Alexander Waszynski, Janina Bahnemann, Susana Castillo, Philipp Klahn, Philipp Otto und Marlin Ulmer:</i> Möglichkeiten und Grenzen von Big Data in der Forschung – Aktuelle Perspektiven, Podiumsdiskussion der Jungen BWG	127
---	-----



## SYMPOSIEN UND KOLLOQUIEN

08.10.2020	<b>16. Bioethik-Symposium Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der „Gen-Schere“</b>	
	Haus der Wissenschaft, Pockelsstraße 11, Raum Veolia/Weitblick, Braunschweig, 14.00 bis 18.00 Uhr	
	Programm	132
	<i>Otto Richter</i> , BWG: Begrüßung, Einführung	134
	<i>Dagmar Wirth</i> , Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig CRISPR/Cas9 – die Geschichte einer bahnbrechenden Entdeckung	136
	<i>Jürgen Krauter</i> , Medizinische Klinik 3 im Klinikum Braunschweig Operationen am offenen Genom – mögliche Anwendung der CRISPR/Cas-Gen-Schere in der klinischen Medizin	140
	<i>Susanne Beck und Maximilian Nussbaum</i> , Juristische Fakultät der Leibniz-Universität Hannover Rechtliche Herausforderungen der somatischen Genom- Editierung	143
	<i>Stefan Heuser</i> , Institut für Religionspädagogik der Technischen Universität Braunschweig CRISPR/Cas9 und die menschliche Lebensform	155
	<i>Klaus Gahl</i> , BWG: Schlusswort	166

## ÖFFENTLICHE VORTRÄGE UND VERANSTALTUNGEN DER BWG

18.02.2020	<b>Akademie-Vorlesung „Schlaf und Traum“</b>	
	Programm und Zusammenfassung	168
	<i>Alexander Wirth</i> , Zentrum Physiologie der Medizinischen Hochschule Hannover Schlafphysiologie – die Notwendigkeit der geistigen Abwesenheit	170
	Gemeinsame Veranstaltung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und dem Kulturinstitut der Stadt Braunschweig Roter Saal, Schloss Braunschweig, Schlossstraße 1	



06., 13., 27.02.	<b>Vortragsreihe im phaeno „Frontiers of science“: Forschung an den Grenzen des Wissens</b>	
05.03.2020	Science Center phaeno, phaeno Wissenschaftstheater, Willy-Brandt-Platz 1, 38440 Wolfsburg	
	Gemeinsame Veranstaltung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und dem phaeno, Wolfsburg	
	Programm	180
19.06.2020	<b>Digitaltag der Stadt Braunschweig</b>	
	<i>Reinhold Haux</i> , Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der TU Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover, und <i>Sanaz Mostaghim</i> , Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Die Synergie von natürlicher und künstlicher Intelligenz – Möglichkeiten und Grenzen	183
	<i>Thomas Döring</i> , Herzog Anton Ulrich-Museum, Leiter des Kupferstichkabinetts Virtuelles Kupferstichkabinett Pieter Bruegels graphische Welten im Herzog Anton Ulrich-Museum – und online	184

#### AKADEMISCHE FEIERSTUNDE / FESTKOLLOQUIUM

#### **Akademische Feierstunde und Festkolloquium anlässlich des 85. Geburtstages des Altpräsidenten der BWG Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein am 16.09.2020**

<i>Nicole C. Karafyllis</i> , TU Braunschweig, Seminar für Philosophie Einleitung Akademisches Festkolloquium: Wenn die Chemie stimmt	185
<i>Dieter E. Kaufmann</i> , TU Clausthal, Institut für Organische Chemie Laudatio: Wenn die Chemie stimmt	186
<i>Nicole C. Karafyllis</i> , TU Braunschweig, Seminar für Philosophie Wenn die Chemie stimmt: Eine philosophische Sentenzanalyse	189
<i>Thomas Scheper</i> , Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Institut für Technische Chemie Eine erneute Standortbestimmung 18 Jahre nach dem Neujahrsvortrag von Professor Joachim Klein 2002 zum Thema Chemie ist Leben – (über)lebt die Chemie?	198
<i>Claus-Artur Scheier</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Vom Licht der Philosophie	208





## ABHANDLUNGEN

<i>Karl-Heinz Glaßmeier</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Nach-Gedanken eines extraterrestrischen Physikers	213
<i>Manfred Krafczyk</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Deep Learning: Verfahren zur Lösung von Problemen im Bereich Computational Engineering	224
<i>Otto Luchterhandt</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, Universität Hamburg Russlands Rückkehr zur Autokratie: Verfassung, Recht und Rechtskultur in der Ära „Putin“	231
<i>Petra Mischnick</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Agnes, Svante und der Klimawandel	295
<i>Otto Richter</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft <i>Anh Nguyen, Bao V.Q Le und Truc Nguyen</i> , Vietnam National University Ho Chi Minh City Das Biosphärenreservat Càn Giò in Vietnam in einer sich wandelnden Umwelt	309
<i>Regina Toepfer</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Kinderwunschrezepte: Mittelalterliche und moderne Reproduktionsmedizin im Vergleich	325
<i>Claus-Artur Scheier</i> , Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Picasso philosophisch	335

## MITTEILUNGEN

Veröffentlichungen	343
Geschäftliche Mitteilungen	343

## PERSONALIA

Todesfälle	344
Nachrufe	346
Zuwahlen	354
Inhaber der Carl Friedrich Gauß-Medaille	355



## Vorwort

Das Jahr 2020 war ein besonderes Jahr für die BWG mit vielen Herausforderungen. Bedingt durch die Corona-Pandemie mussten neue Formate für interne und öffentliche Veranstaltungen entwickelt und ausprobiert werden. Wie plant man eine Veranstaltung zur Verleihung der Gaußmedaille unter sich ständig ändernden Bedingungen? Durch die Verschiebung des Termins der Preisverleihung war uns das Nobelpreis-Komitee zuvorgekommen: Frau Professorin Dr. Emmanuelle Charpentier wurde im Oktober 2020 der Nobelpreis für Chemie verliehen. Dadurch hatte die BWG die Ehre, die Gaußmedaille an eine Nobelpreisträgerin zu verleihen. Danke Frau Charpentier für Ihr Kommen! Leider musste die Veranstaltung verkürzt werden, das Festkolloquium konnte nicht stattfinden. Immerhin konnte der Festakt mit der Verleihung der Medaille, wenn auch mit wenigen Gästen, in der Dornse, dem Festsaal im Altstadtrathaus der Stadt Braunschweig, stattfinden.

Trotz der Beschränkungen durch die Corona-Pandemie hat die BWG im Jahr 2020 zahlreiche Aktivitäten entfaltet. So konnte im Sommer das Bioethik-Symposium zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der Gen-Schere“ als Präsenzveranstaltung durchgeführt werden. Die Junge BWG organisierte eine Podiumsdiskussion zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen von Big Data in der Forschung – Aktuelle Perspektiven“. Anlässlich des 85. Geburtstages des Altpräsidenten Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein fand ein wissenschaftliches Kolloquium „Wenn die Chemie stimmt“ statt. Klassensitzungen, Plenarversammlungen und Sitzungen der Kommissionen wurden erfolgreich auf ein virtuelles Format umgestellt.

Die BWG-Kommission Synergie und Intelligenz (SYnENZ) hat über ein 1. Wissenschaftliches Symposium zum „Zusammenwirken natürlicher und künstlicher Intelligenz“ im Februar 2019 hinaus in der Form von SYnENZ-Zirkeln weitergearbeitet zur Frage „Können Maschinen ethisches Verhalten lernen?“. Ein Höhepunkt war das Erscheinen des von der SYnENZ-Kommission herausgegebenen Werkes „Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz“ im Springer Verlag.

Der Querschnittsbereich RECOLLECT hielt seine konstituierende Sitzung im März ab. RECOLLECT ist der Name eines transdisziplinären Querschnittsbereiches der BWG zum Thema Sammlungsforschung. Konzeptuell betrachtet werden Sammlungen, Sammlungssubjekte und das Sammeln selbst. Eine Besonderheit stellt der transdisziplinäre Zugriff dar, d. h. natur- und kulturwissenschaftliche Sammlungen (in Niedersachsen) werden zusammen und jenseits etablierter Ressortlogiken betrachtet, z. B. Museen und Botanische Gärten, Archive und Genbanken.

Das Jahr 2020 war für den Vizepräsidenten Prof. Gahl eine besondere Herausforderung, da er nach dem Rücktritt des Präsidenten Prof. Ulrich Reimers und der Vizepräsidentin Frau Professorin Müller-Goymann vom Juni bis zum Jahresende die Geschicke der BWG als kommissarischer Präsident leiten musste. Für die verbleibende Amtsperiode von Herrn Reimers wurde Prof. Dr. Otto Richter im Dezember per Briefwahl zum Präsidenten gewählt

*Prof. Dr. Otto Richter*

Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft



## Die Organe der BWG 1943 – 2020

Konstituierende Sitzung:	30.11.1943	
Eröffnungssitzung:	09.12.1943	[siehe Abhandlungen der BWG 21 (1969), 8]
Erste Satzung:	1944	[siehe Abhandlungen der BWG 1 (1949), 169]
Zweite Satzung:	1953	[siehe Abhandlungen der BWG 5 (1953), 212]
Dritte Satzung:	1971	[siehe Abhandlungen der BWG 22 (1970), 291]
Vierte Satzung:	1993	[siehe Jahrbuch der BWG (2007), .....10 ff.]
Fünfte Satzung:	2008	[siehe Jahrbuch der BWG (2008), .....10 ff.]
Sechste Satzung:	2010	[siehe Jahrbuch der BWG (2010), .....11 ff. und <a href="http://www.bwg.nds.de/ueber-die-bwg/satzung">www.bwg.nds.de/ueber-die-bwg/satzung</a> ]
Siebte Satzung:	2017	[siehe Jahrbuch der BWG (2017), .....13. ff. und <a href="http://www.bwg.nds.de/ueber-die-bwg/satzung">www.bwg.nds.de/ueber-die-bwg/satzung</a> .....]

### Präsidenten

1943-45: Fritz Gerstenberg †; 1946-48: Gustav Gassner †; 1949-50: Hans Herloff Inhoffen †; 1951-53: Eduard Justi †; 1954-56: Leo Pungs †; 1957-59: Max Kohler †; 1960-62: Hans Kroepelin †; 1963-66: Paul Koeßler †; 1967-70: Hermann Blenk †; 1971-77: Karl Gerke †; 1978-80: Herbert Wilhelm †; 1981-86: Karl Heinrich Olsen †; 1987-92: Gerhard Oberbeck †; 1993-95: Werner Leonhard †; 1996-1999: Norbert Kamp †; 2000-2013: Joachim Klein; 2014-2016: Dietmar Brandes; 2017-2019: Otto Richter, 01.01.2020 bis 08.06.2020 Ulrich Reimers

### Generalsekretäre

1943-45: Ernst August Roloff †; 1946-48: Wilhelm Gehlhoff †; 1949-50: Eduard Justi †; 1951-53: Hermann Schlichting †; 1954-1959: Hans Herloff Inhoffen †; 1960-61: Hellmut Bodemüller †; 1962- 64: Hans Joachim Bogen †; 1965-69: Hermann Schaefer †; 1970-71: Karl Gerke †; 1972-73: Arnold Beuermann †; 1974-80: Karl Heinrich Olsen †; 1981-82: Ulrich Wannagat †; 1983-85: Hans Joachim Kanold †; 1986-88: Egon Richter; 1989-91: Harmen Thies; 1992-94: Ulrich Wannagat †; 1995-97: Helmut Braß †; 1998-2000: Elmar Steck †; 2001-2010: Claus-Artur Scheier

### Vizepräsidentinnen/Vizepräsidenten

2011-2012: Claus-Artur Scheier; seit 2011: Klaus P. G. Gahl; 2013: Dietmar Brandes, 01.01.2014 bis 29.06.2020 Christel Charlotte Müller-Goymann

### Vorsitzende der Klassen

BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN

### Mathematik und Naturwissenschaften

1943-47: G. Cario †; 1948-50: P. Dorn †; 1951-53: H. H. Inhoffen †; 1954-57: P. Dorn †; 1958-60: H. Kroepelin †; 1961: H. Poser †; 1962-64: H. Hartmann †; 1965-66: H. Schumann †; 1967-



72: M. Grützmaker †; 1973-76: U. Wannagat †; 1977-80: H. R. Müller †; 1981-84: E. Richter; 1985-89: O. Rosenbach †; 1990-91: St. Schottlaender †; 1992-94: H.-J. Kowalsky; 1995-97: H. Tietz †; 1998-1999: K. Schügerl †; 2000: G. Müller; 2001-2003: J. Heidberg †; 2004-2006: E. Winterfeldt †; 2007-2012: Th. Hartmann †; 2013-2015: H.-D. Ehrlich; 2016: O. Richter; seit 2017: D. Kaufmann

### **Ingenieurwissenschaften**

1943-48: E. Marx †; 1949-53: L. Pungs †; 1954-56: O. Flachsbart †; 1957-60: W. Hofmann †; 1961-64: H. Hausen †; 165-70: G. Wassermann †; 1971-77: H.W. Hennicke †; 1978-79: Th. Rummel †; 1980-83: M. Mitschke †; 1984-93: R. Jeschar †; 1994-96: H.-G. Unger; 1997-2000: E. Stein †; 2001-2005: M. Lindmayer; 2006-2008: P. Wriggers; 2009-2011: U. Peil; 2012 - 2017: J. Müller; seit 2018: D. Dinkler

### **Bauwissenschaften**

1943-48: ?; 1949-53: Th. Kristen †; 1954-62: F. Zimmermann †; 1963-67: A. Pflüger †; 1968-69: J. Göderitz †; 1970-73: W. Wortmann †; 1974: K. H. Olsen †; 1975-78: H. Duddeck †; 1979-83: W. Höpcke †; 1984-93: J. Herrenberger †; seit 1994: vereinigt mit der Klasse für Ingenieurwissenschaften

### **Geisteswissenschaften**

1943-48: W. Jesse †; 1949-53: W. Gehlhoff †; 1954-56 (Obmann): W. Jesse †; 1958-61 (Obmann): H. Glockner †; 1962-68 (Obmann): H. Heffter †; 1969-78: A. Beuermann †; 1979-87: M. Gosebruch †; 1988-89: H. Boeder †; 1990-91: G. Maurach †; 1992-1998: C.-A. Scheier; 1999: G. Maurach †; 2000: C.-A. Scheier; 2001-2010: H.-J. Behr †; 2011-2019: K. Alpers; seit 2020 N. C. Karafyllis



## Begrüßung - Rückblick – Ausblick

OTTO RICHTER

Präsident der BWG

Ich begrüße als Hausherrn die Vizepräsidenten der TU Braunschweig Prof. Reimers und Prof. Durner verbunden mit dem Dank für die Überlassung des Senatsaals der TU Braunschweig. Als Vertreter der Stadt Braunschweig begrüße ich Dr. Helmut Blöcker, Bürgermeister der Stadt Braunschweig und Herrn Hahn, Ratsherr der Stadt Braunschweig, sowie Dr. Steinführer als Vertreter des Dezernats für Kultur und Wissenschaft. Ich freue mich über die rege Beteiligung der Forschungsinstitutionen der Region und begrüße Prof. Heinz, Wissenschaftlicher Direktor des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung (HZI), Prof. Kasal, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Prof. Block, DLR, Vorsitzender der Forschungsregion Braunschweig, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Prof. Schachtner, Präsident TU Clausthal, Prof. Burschel, Direktor der Herzog Anton August Bibliothek und Prof. Overmann, Direktor Leibniz-Institut DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen. Ich begrüße die Vorsitzende der Jungen BWG, Frau Dr. J. Bahnemann, und alle BWG-Mitglieder.

Ich möchte heute nicht nur den gewohnten Jahresrückblick geben, sondern ich werde die Entwicklung der BWG in den letzten drei Jahren reflektieren. Dazu werde ich einige Meilensteine und Höhepunkte hervorheben (Tab. 1).

### 2017

- Kommission „Das Kulturelle Erbe im Digitalen Zeitalter“
- Kommission „Synergie und Intelligenz: technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nichtlebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ)“
- Ankündigung der Evaluierung der BWG durch die WKN und Erstellung eines Selbstberichtes

### 2018

- Evaluierungsgespräch in Hannover
- Exkursion in die Hohe Rhön
- Symposium und Workshop „Das kulturelle Erbe im digitalen Zeitalter“
- Entwurf eines neuen Konzeptes der BWG
- Gründung der „Jungen BWG“

### 2019

- 1. BWG-Symposium „Zusammenwirken von künstlicher und natürlicher Intelligenz“
- Herausgabe des Tagungsbandes als Buch im Springer-Verlag
- Vorstellung des neuen Konzeptes der BWG beim MWK
- Gedankenaustausch zwischen den Mitgliedern der JBWG und der BWG
- Kommission „Bioethik“
- Querschnittsthemen „Sicherheit“ und „Recollect“

Das Jahr 2017 war geprägt durch die Gründung von zwei Kommissionen, der Kommission „Das Kulturelle Erbe im Digitalen Zeitalter“ und der Kommission „Synergie und Intelligenz:



*technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nichtlebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ)*“. Was sind Kommissionen und was sind ihre Aufgaben? Ich zitiere aus der „Geschäftsordnung für die Kommissionen“ der BWG.

1. Kommissionen zur Durchführung besonderer Forschungsvorhaben werden auf Antrag der fachlich zuständigen Klasse vom Plenum mit einfacher Mehrheit der Anwesenden der BWG angegliedert.
2. Den Kommissionen können neben ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern der BWG auch außenstehende Wissenschaftler angehören.

Zwei wichtige Aspekte sind in der Geschäftsordnung enthalten: In den Kommissionen wird Forschungsarbeit betrieben und sie sind offen für die Einbeziehung von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, die nicht der BWG angehören.



Abb.1. Übersicht über die Kommissionen der BWG

Im Jahr 2017 erfolgte die Ankündigung einer Evaluierung der BWG durch die „Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen (WKN)“ verbunden mit der Aufforderung zur Erstellung eines Selbstberichtes, ein Novum in der Geschichte der BWG. Die Verfassung dieses Berichtes und die Ergebnisse des Evaluierungsgespräches mit den Gutachtern in Hannover waren der Anlass, über das Selbstverständnis unserer Wissenschaftlichen Gesellschaft gründlich nachzudenken und ein zeitgemäßes Konzept unserer Arbeit zu entwerfen. Dieses neue Konzept wurde im Jahre 2018 fertiggestellt und dem MWK 2019 in einem Gespräch erläutert. Die Resonanz war positiv und es wurde von Seiten des Ministeriums vorgeschlagen, die wesentlichen Punkte dieses Konzeptes in eine Zielvereinbarung aufzunehmen. Auf den Inhalt des Konzeptes werde ich später eingehen. Höhepunkte des Jahres 2018 waren Exkursion in die Hohe Rhön, das Symposium und Workshop „Das kulturelle Erbe im digitalen Zeitalter“ und die Gründung der „Jungen BWG“.

Was ist die Junge BWG? Ich zitiere aus der Satzung:

„Die „Junge BWG“ bringt Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus Niedersachsen zusammen, um sie in einem engen Netzwerk wissenschaftlich zu fördern und in ihrer Karriere zu unterstützen. Fachübergreifend sollen Gespräche und Diskussionen mit Entscheidungsträgern aus Wissenschaft, Kultur und Wirtschaft geführt werden. Interdisziplinäre Forschungsthemen sollen gefunden und weiterentwickelt werden. Die Mitglieder der „Jungen





BWG“ sollen in ihrem wissenschaftlichen Werdegang von Mitgliedern der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) individuell gefördert werden.“

Die Junge BWG ist inzwischen durch vielfältige Aktivitäten hervorgetreten. Sie hat an der „Conference of Scientific Cooperation between Lower Saxony and Israel“ teilgenommen und diese mitgestaltet. Im Oktober 2019 wurde ein Treffen zwischen den Mitgliedern der JBWG und der BWG organisiert, in dem sich Mitglieder der Jungen BWG durch Impulsvorträge vorstellten. Im Anschluss an die Vorträge fand ein Gedankenaustausch über die Zukunft der BWG, die Rolle der Jungen BWG und Möglichkeiten des Mentoring statt. Vortragsthemen waren

- „Machine Learning for Urban Logistics ( Jun. Prof. Dr. Marlin Ulmer, Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Braunschweig )
- „D-Druck: Vom Bioreaktor zur Mikrofluidik“ (Dr. Janina Bahnemann, Institut für Technische Chemie, Leibniz Universität Hannover)
- „Auf der Suche nach standfesten Getreidesorten: Vom Einsatz der Baumechanik in der Pflanzenzüchtung“ (Prof. Dr. Dominik Schillinger, Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik, TU Braunschweig)

Herausragende wissenschaftliche Veranstaltung im Jahr 2019 war das 1. BWG-Symposium „Zusammenwirken von künstlicher und natürlicher Intelligenz“. Themen waren Medizin und Gesundheitsversorgung, Mobilität, Landwirtschaft und ethische und rechtliche Aspekte. Die Herausgabe des Tagungsbandes als Buch im Springer-Verlag ist in Arbeit und wird im Jahr 2021 erfolgen. Veranstalter des Symposiums waren die BWG und die Technische Universität Braunschweig in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V. und dem Johann Heinrich von Thünen-Institut. Das Symposium hatte ca. 80, die öffentliche Abendveranstaltung ca. 120 Teilnehmer. Für das Symposium konnten namhafte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als Vortragende gewonnen werden.

Aufbauend auf die erfolgreichen Bioethik-Kolloquien wurde Im Jahre 2019 wurde eine weitere Kommission Bioethik gegründet.

Die Gauß-Medaille 2019 wurde an Herrn Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Manfred Curbach, Direktor des Instituts für Massivbau der TU Dresden, verliehen. In seinem Vortrag über das Thema „Von der Verantwortung des Bauingenieurs für die Zukunft“ stellte Herr Curbach das Bauen in einen globalen Kontext unter den Aspekten Bevölkerungswachstum und der Ressourcenverknappung.

Der Abt Jerusalem-Preis 2019 wurde an Franz Josef Radermacher, Professor für Informatik an der Universität Ulm, Leiter des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung, Mitglied des Club of Rome verliehen. Das Preiskolloquium unter dem provozierenden Generalthema „Energie, Klima, Zukunft – sind wir noch zu retten?“ behandelte hochaktuelle Themen einer nachhaltigen Ökonomie (Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, Evangelisch-lutherische Landeskirche in Braunschweig, TU Braunschweig, Stiftung Braunschweigischer Kulturbesitz).

Ich möchte meinen Bericht schließen mit Gedanken über die Rolle wissenschaftlicher Gesellschaften oder Akademien in der heutigen Zeit. Dazu ein Zitat aus der Gründungszeit der ersten wissenschaftlichen Akademie in Europa, der **Accademia nazionale dei Lincei (Luchsäugigen)**, über das Selbstverständnis dieser wissenschaftlichen Gesellschaft.



*Finis eius est rerum cognitionem  
et sapientiam non solum acquirere,  
recte, pieque simul vivendo; sed et  
hominibus voce et scriptis absque  
ullius noxa pacifice pandere.*  
(Lynceographum, I, 15-19, ca. 1605-1612)

*Ihr Ziel ist: die Erkenntnis der Dinge und Weisheit sowohl zu erlangen und richtig und fromm  
zu leben, als auch sie in Wort und Schrift, ohne irgend zu schaden, friedlich zu verbreiten.*

Hier werden zwei Ziele der Arbeit wissenschaftlicher Akademien formuliert, die auch heute noch Geltung haben: Wissen zu erlangen und aus der wissenschaftlichen Arbeit heraus Wissen zu verbreiten.

Ich wünsche der BWG viel Erfolg bei der Verfolgung dieser Ziele und Ihnen allen ein gesundes und erfolgreiches neues Jahr.





## Übergabe des Präsidentenamtes

### Antrittsrede

ULRICH REIMERS

Institut für Nachrichtentechnik, TU Braunschweig, u.reimers@tu-braunschweig.de

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, liebe Gäste unserer Neujahrssitzung,

ich stehe vor Ihnen als der im Dezember 2019 neu gewählte Präsident einer Institution, der ich bereits seit 1998 anzugehören die Ehre habe. Bisher war ich normales ordentliches Mitglied, das in Plenar- und Klassensitzungen viele Vorträge gehalten und einigermaßen treu die Sitzungen besucht hat. Nun darf ich den vielen bedeutenden Präsidenten (jawohl, es waren nur Männer) nachfolgen – mit gewisser Demut vor dem neuen Amt.

Der (nun Ex-) Präsident, der mir soeben die schwere Amtskette überreicht hat, Prof. Dr. Otto Richter, gehört zu den Vorgängern, die sich in seiner Amtszeit ganz besonders um die Gesellschaft verdient gemacht haben. Ich möchte hier insbesondere erwähnen, dass es ihm gelungen ist, die Forschungsaktivitäten innerhalb der BWG deutlich zu revitalisieren. Er hat sich intensiv in der Kooperation mit den Akademien in Göttingen und Heidelberg engagiert, aus der beispielsweise eine gemeinsame Summer School in Thailand zum Thema „Computational Sciences“ entstand. Und, nicht zuletzt, hat er das „Innenleben“ der Gesellschaft durch Aktivitäten wie eine gemeinsame Rhön-Exkursion belebt.

Natürlich besteht das Präsidium der BWG nicht nur aus einer Person. Ich freue mich, dass die Vizepräsidentin Prof. Dr. Christel Müller-Goymann und der Vizepräsident Prof. Dr. Klaus Gahl noch mindestens ein Jahr mit mir zusammen für das Wohl der Gesellschaft arbeiten werden und bin für deren Kooperation außerordentlich dankbar.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Klaus Alpers, der die Klasse für Geisteswissenschaften unserer Gesellschaft wirklich viele Jahre geleitet hat und zu dessen Nachfolgerin die Klasse meine TU-Kollegin Frau Prof. Dr. Nicole C. Karafyllis gewählt hat. Herzlichen Glückwunsch, Frau Klassenvorsitzende – und auf gute Zusammenarbeit! Auf genau diese gute Zusammenarbeit setze ich auch mit den Klassenvorsitzenden Prof. Dr. Dieter Dinkler und Prof. Dr. E. Kaufmann.

Nun ist es aber wirklich an der Zeit, unsere Ehrengäste zu begrüßen. Ich freue mich, dass sie an unserer Neujahrssitzung teilnehmen und begrüße in alphabetischer Reihenfolge die Herren:

- Prof. Dr.-Ing. Joachim Block, Vorsitzender des Vorstands der ForschungRegion Braunschweig e. V.;
- Dr. Helmut Blöcker, Bürgermeister der Stadt Braunschweig;
- Prof. Dr. Dirk Heinz, Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung;
- Heiner Herbst, Präsident des Niedersächsischen Landesrechnungshofes a. D.;
- Michel Junge, Geschäftsführer der phaeno gGmbH;



- Prof. Dr. Bohumil Kasal, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung;
- Prof. Dr. Joachim Schachtner, Präsident der Technischen Universität Clausthal;
- Dr. Henning Steinführer, Direktor des Braunschweiger Stadtarchivs;
- Ralf Werner, Bürgermeister meiner Heimatgemeinde Vechelde.

Mein besonderer Gruß gilt Herrn Prof. Dr. Peter Burschel, auf dessen Festvortrag wir uns freuen dürfen, und den zahlreich anwesenden Mitgliedern meiner Familie.

Was, meine Damen und Herren, sind die Aufgaben der BWG? Ich sehe da drei spezielle. Zum einen ist es der wissenschaftliche Austausch über die klassischen Grenzen der Wissenschaftsfelder hinaus. In unserer Gesellschaft interagieren die Mitglieder der Klasse für Geisteswissenschaften, der Klasse für Ingenieurwissenschaften, übrigens eine Spezialität der BWG, und der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften. Dies ermöglicht transdisziplinäre Forschung – ein rares Gut. Der Öffentlichkeit bieten wir mit zahlreichen Veranstaltungen Einblicke in Themen der Wissenschaft. Und nicht zuletzt ist die BWG ein „Faculty Club“ für Mitglieder der „Jungen BWG“, für im Berufsleben stehende Gelehrte, aber gerade auch für Wissenschaftler\*innen nach der Pensionierung im Hauptamt. Der frühere Präsident, Prof. Dr. Joachim Klein, hat „BWG“ einmal übersetzt mit „Brücke zwischen Wissenschaft und Gesellschaft“. Als einen Brückenbauer verstehe auch ich mich. Dabei sehe ich aber im Umfeld der BWG weitere Brückenbauer, nämlich unter anderem die Leibniz Universität Hannover, die Technische Universität Clausthal, die Universität Hildesheim und die Technische Universität Braunschweig. Und allein in Braunschweig erkenne ich darüber hinaus als Brückenbauende Institutionen die ForschungRegion Braunschweig, den Braunschweigischen Hochschulbund und das Haus der Wissenschaft. Ich werde daran arbeiten, die BWG mit ihrer besonderen Stärke (dazu später mehr) in ein „Brücken-Gesamt-Kunstwerk“ einzubringen. Zum Hintergrund dieser Überlegung muss ich erwähnen, dass ich bereits seit mehr als sieben Jahren Vizepräsident der Technischen Universität Braunschweig bin und daher mit allen genannten Institutionen intensiven Kontakt habe – beispielsweise über die Arbeit in der Landeshochschulkonferenz Niedersachsen, der LHK. Clausthal, Hannover und Hildesheim sind auch deshalb wichtige Städte, weil es dort an den Universitäten Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gibt, die ich bereits um eine Einladung zum „Vor-Ort-Austausch“ gebeten habe. Mein Vizepräsidenten-Resort beinhaltet(e) über die diversen Amtszeiten übrigens die Verantwortung für „Strategische Entwicklung“ bzw. für „Hochschulentwicklung“. Ich werde also meine Aktivität als Präsident weniger dem Bewahren als vielmehr dem aktiven Gestalten widmen.

In dem Umfeld der genannten Institutionen besitzt die BWG tatsächlich drei Herausstellungsmerkmale – ihre besondere Stärke: Die in der BWG vertretenen Wissensgebiete Geisteswissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Mathematik und Naturwissenschaften eröffnen die Möglichkeit transdisziplinärer Forschung. Unsere Forschungen müssen nicht im Wettbewerb um Drittmittel vor Fach-orientierten Gutachtern bestehen, die Transdisziplinarität zwar predigen, aber dann doch Fach-orientiert entscheiden. Und: die BWG kann eben auch auf den phänomenalen Wissenspool pensionierter Wissenschaftler\*innen zurückgreifen.

Was aber hat die Gesellschaft im Jahr 2020 nun ganz konkret vor? Beginnen wir mal mit Veranstaltungen, die sich auch an die Öffentlichkeit richten.

Bereits am 6. Februar startet die gemeinsam mit der Göttinger Akademie der Wissenschaften durchgeführte Vortragsreihe im phäno in Wolfsburg. Das Thema lautet in diesem Jahr: „Forschung an der Grenze des Wissens“. Bis zum 5. März bieten wir an vier Terminen spannende Vorträge.



Am 18. Februar beginnt die in Braunschweig außerordentlich beliebte Reihe der Akademievorlesungen im Schloss. Vizepräsident Prof. Gahl hat ein großartiges Programm zum Oberthema „Schlaf und Traum“ zusammengestellt. Die einzelnen Vortragsthemen reichen von der Schlafphysiologie bis zu den Sprachen des Traums und der Literatur.

Höhepunkt des Jahres wird die Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille an Frau Prof. Dr. Emmanuelle Charpentier am 8. Mai sein, der das Carl Friedrich Gauß-Kolloquium vorangeht. Die Verleihung findet im Rahmen der öffentlichen Hauptversammlung der Gesellschaft in der Dornse des Altstadt-Rathauses statt. Dazu darf ich Sie schon heute herzlich einladen.

Das mittlerweile bereits nahezu traditionelle Bioethik-Symposium ist für den 1. Juli geplant. Passend zu den Forschungsarbeiten von Frau Charpentier wird es sich Möglichkeiten und Grenzen der Genom-Therapie widmen.

Nach diesem Ankündigen Öffentlichkeits-wirksamer Angebote nun noch einige Informationen zu den Forschungsarbeiten innerhalb der BWG, denn eine Wissenschaftliche Gesellschaft ohne derartige Aktivitäten kann ich mir nicht wirklich vorstellen.

SYNENZ, das ist der Name eines Forschungsfeldes zum Zusammenwirken natürlicher und künstlicher Intelligenz. Hier arbeitet eine transdisziplinär besetzte Gruppierung mittlerweile sogar bereits an einem Buch, das die Ergebnisse insbesondere des Symposiums 2019 zusammenfassen wird und das in diesem Jahr erscheinen soll. Die Arbeit geht aber weiter und ein Forschungsantrag ist gestellt.

Weitere Themen sind: „Das kulturelle Erbe im digitalen Zeitalter“, bei dem es unter anderem darum geht, Kulturgüter im digitalen Zeitalter nachhaltig bereit zu halten. Der neue BWG-Querschnittsbereich „RECOLLECT“ widmet sich der Sammlungsforschung und profitiert von der Vielfalt der Sammlungs-Institutionen in der Region und deren Repräsentanz durch Mitglieder in der BWG. Eine Forschungsinitiative mit dem vorläufigen Titel „Gesellschaft und Sicherheit“ ist in Vorbereitung.

Besonders beglückt bin ich darüber, dass die Mitglieder der „Jungen BWG“, die ja in ihrer Forschungstätigkeit in den Universitäten und Forschungsinstituten an vorderster Wissenschaftsfront aktiv sind, der BWG durch Vorträge und Informationsveranstaltungen Anregungen aus der aktuellen Wissenschaft bieten werden. Wir werden sehen, welche weiteren BWG-Aktivitäten dadurch initiiert werden.

Natürlich möchte ich als „der Neue mit der Liebe für strategische Entwicklungen“ die Aktivitäten meiner Amtszeit mit einer Bestandsaufnahme beginnen. Dazu soll eine SWOT-Analyse, gerade auch in Vorbereitung der bevorstehenden Zielvereinbarungs-Gespräche mit dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur, dem MWK, dienen. SWOT meint ja Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken. Ich habe dazu eine Online-Umfrage erarbeitet, die derzeit unter den BWG-Mitgliedern bereits umläuft. Ich hoffe auf zahlreiche offene Antworten.

Und nun, meine sehr verehrten Damen und Herren, ist es mir eine Freude, Sie auch im Namen der übrigen Mitglieder des Präsidiums zu unserem Neujahrsempfang in das Haus der BWG einzuladen. Ein Höhepunkt des Empfangs wird die Überreichung der Ernennungsurkunden an neu berufene Mitglieder der BWG sein.



## Der Tanz der Tapuya

### Zur kulturellen Codierung von Hautfarben in der frühen Neuzeit\*

PETER BURSCHEL

Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel, Lessingplatz 1, DE-38304 Wolfenbüttel

E-Mail: [direktor@hab.de](mailto:direktor@hab.de)

#### 1. „People of the Earth“

Als er 1644 aus Niederländisch-Brasilien in seine europäische Heimat zurückkehrte, malte Albert Eckhout acht Ölbilder, die in lebensgroßen Pendants jeweils einen Vertreterin und einen Vertreter der Bevölkerungsgruppen der Kolonie zeigen (s. Anhang, Abb. 1). Ein weiteres, im Unterschied zu den Paarbildern querformatiges Gemälde stellt acht indigene Männer beim Tanz, wahrscheinlich beim Kriegstanz dar, die von zwei tuschelnden Frauen beobachtet werden (Abb. 2). Zwölf Still-Leben mit diversen heimischen Früchten und Gemüsen beschließen den Zyklus.<sup>1</sup> Eckhout hatte als Hofmaler des Gouverneurs von „Neu-Holland“ Johann Moritz von Nassau-Siegen sieben Jahre in Brasilien verbracht, wo er mit seinem Malerkollegen Frans Post und einer Reihe von Gelehrten wie dem Kartographen Georg Markgraf, dem Mediziner Wilhelm Piso und dem Historiker Caspar van Baerle an der Erforschung und Darstellung der Kolonie mitwirkte.<sup>2</sup> Die Bilder, die im Mittelpunkt der folgenden Überlegungen stehen sollen, gehören in diesen Zusammenhang der Sammlung und Verbreitung kolonialen Wissens, dürften aber auch als repräsentative Inszenierung der brasilianischen Gesellschaft von Johann Moritz in Auftrag gegeben worden sein – möglicherweise für seinen Gouverneurspalast. Es scheint, als habe die Abberufung des Gouverneurs durch die Niederländische Westindien-Kompanie verhindert, dass Albert Eckhout die Bilder noch in Brasilien selbst malen konnte, wo er aber eine Fülle einschlägiger Vorstudien angefertigt hatte. 1654 schenkte Johann Moritz die Bilder dem dänischen König Friedrich III., der sie in seiner Kunst- und Wunderkammer in Kopenhagen ausstellte. Heute sind sie in der ethnologischen Abteilung des dänischen Nationalmuseums im Rahmen der Dauerausstellung „People of the Earth“ zu sehen.<sup>3</sup>

\* Vortrag, den ich am 25. Januar 2020 auf der Neujahrssitzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten habe. Eine Kurzfassung dieses Vortrags ist inzwischen in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung erschienen: Peter Burschel, Der Moment des Pigments, in: FAZ 162 (15. Juli 2020), S. N 3.

<sup>1</sup> Alle Gemälde sind – auch in Detailsichten – abgebildet in: Clarival do Prado Valladares und Luiz Emygdio de Mello Filho, Albert Eckhout. A presença da Holanda no Brasil. Século XVII, Rio de Janeiro 1989. Vgl. darüber hinaus: Albert Eckhout. A Dutch Artist in Brazil, hg. von Quentin Buvelot, Zwolle 2004.

<sup>2</sup> Das Corpus kolonialen Wissens, das dabei entstand, umfasst neben dem Zyklus von Albert Eckhout auch die (belebten) Veduten von Frans Post: Pedro und Bia Corrêa do Lago, Frans Post (1612-1680). Catalogue Raisonné, Milano 2007 (englische Ausgabe); Alexander de Bruin, Frans Post: Animals in Brazil, Amsterdam 2016 – sowie die „Rerum per octennium in Brasilia et alibi gestarum ... Historia“ von Caspar van Baerle (Amsterdam 1647) und die „Historia naturalis Brasiliae“ von Wilhelm Piso und Georg Markgraf (Leiden und Amsterdam 1648). Beide Werke wurden immer wieder aufgelegt und übersetzt. Zur „Historia naturalis Brasiliae“ ausführlich: Peter James Palmer Whitehead und Marinus Boeseman, A Portrait of Dutch 17th Century Brazil: Animals, Plants and People by the Artists of Johan Maurits of Nassau, Amsterdam, Oxford und New York 1989.

<sup>3</sup> Zu Johann Moritz von Nassau-Siegen als Gouverneur von Niederländisch-Brasilien 1637-1644 vgl. die einschlägigen Beiträge in: Sein Feld war die Welt. Johann Moritz von Nassau-Siegen (1604-1679). Von Siegen über die Niederlande und Brasilien nach Brandenburg, hg. von Gerhard Brunn und Cornelius Neutsch, Münster, New





## 2. Das Schwert der Akan

Die Forschung, vor allem die kunsthistorische Forschung weiß seit langem um die Bedeutung der Bilder. So gab es zwar durchaus Künstler, die schon vor Eckhout die Neue Welt bereisten, um Menschen zu zeichnen oder zu aquarellieren, denen sie dort begegneten – wie Ende des 16. Jahrhunderts zum Beispiel John White im heutigen North Carolina (Abb. 3 und Abb. 4).<sup>4</sup> Und es steht völlig außer Frage, dass Eckhout mit seinen Paarbildern in der Tradition der kleinformatigen druckgraphischen Darstellung indigener Gruppen in Reiseberichten und Trachtenbüchern steht.<sup>5</sup> Großformatige Gemälde aber, die einzelne nichteuropäische Menschen dort zeigen, wo sie lebten, sucht man vor Eckhout vergeblich.

Die Kunsthistorikerin Viktoria Schmidt-Linsenhoff hat die Paarbilder als „ethnographische Typenporträts“ bezeichnet, als „stereotypisierte Körperbilder“ von Frauen und Männern, die nach den Wahrnehmungs- und Deutungsmustern des Bildproduzenten klassifiziert worden sind. Die naturhistorisch-ethnographische Typengalerie stelle auf diese Weise einen brasilianischen Kollektivkörper her, dessen hybrider, mehrfach gebrochener Charakter aber deutlich sichtbar bleibt. Schmidt-Linsenhoff erteilt damit älteren Deutungen eine Absage, die in Eckhouts Paarbildern noch „faithful records“ bzw. „realistische Bildnisse“ ausgemacht hatten. Denn, so ihre Argumentation: Die Bilder setzen eine Entwicklung von indigener „Wildheit“ zu europäischer „Zivilisation“ als topographisches, chromatisches – und nicht zuletzt auch kulturelles Nebeneinander in Szene.<sup>6</sup>

So erscheint das indigene Paar, das die ethnologische Forschung als Tapuya-„Indianer“ identifiziert hat, weitgehend nackt in einer Wildnis, deren Gefahren in Form von Vogelspinne und Königsboa offensichtlich sind. Der Mann trägt Kopf-, Gesichts- und Penis schmuck; seine Waffen sind Keule, Schleuder und mehrere Speere. Im Mittelgrund des Bildes tanzen auf einer Lichtung weitere Tapuya-Männer – allem Anschein nach ganz so wie jene auf dem querverformaten Gemälde. Ein Dorf ist nicht auszumachen. Die Tapuya sind Jäger und Sammler

---

York, München und Berlin 2008. Immer noch lesenswert darüber hinaus die Beiträge des Kapitels „Johan Maurits and Dutch Brazil“ in: Johan Maurits van Nassau-Siegen 1604-1679: A Humanist Prince in Europe and Brazil, hg. von Ernst van den Boogaart, Den Haag 1979.

<sup>4</sup> Paul Hulton, *America 1585: The Complete Drawings of John White*, Chapel Hill 1984; Karen Ordahl Kupperman, *Indians and English: Facing Off in Early America*, Ithaca und London 2000, S. 41-76 („Reading Indian Bodies“); Kim Sloan, *A New World. England's First View of America*, London 2007.

<sup>5</sup> Denise Daum, *Albert Eckhouts „gemalte Kolonie“. Bild- und Wissensproduktion über Niederländisch-Brasilien um 1640*, Marburg 2009, S. 108-111.

<sup>6</sup> Viktoria Schmidt-Linsenhoff, *Rhetorik der Hautfarben. Albert Eckhouts Brasilien-Bilder*, in: *Berichten, Erzählen, Beherrschen. Wahrnehmung und Repräsentation in der frühen Kolonialgeschichte Europas*, hg. von Susanna Burghartz, Maike Christadler und Dorothea Nolde, in: *Zeitsprünge. Forschungen zur Frühen Neuzeit* 7 (2003), S. 285-314, hier S. 289, 292f. In diesem Sinne auch Daum, *Albert Eckhouts „gemalte Kolonie“* (wie Anm. 5), S. 106-112. Vgl. vor diesem Hintergrund auch Peter Mason, *Portrayal and Betrayal: The Colonial Gaze in Seventeenth Century Brazil*, in: *Culture & History* 5 (1989), S. 37-62; Benjamin Schmidt, *Innocence Abroad: The Dutch Imagination and the New World, 1570-1670*, Cambridge 2004 (<sup>1</sup>2001); Rebecca Parker Brien, *Albert Eckhout's Paintings of the 'wilde natten' of Brazil and Africa*, in: *Niederlands Kunsthistorisch Jaarboek* 53 (2002), S. 106-137 und dies., *Visions of Savage Paradise. Albert Eckhout, Court Painter in Colonial Dutch Brazil*, Amsterdam 2006, S. 73-93 („Cannibalizing America: From the Ethnographic Impulse to the Ethnographic Portrait“).



(Abb. 5). Die Frau ist bis auf ein Blätterbündel, das ihre Scham bedeckt, ebenfalls nackt. Hinter ihr lässt sich ein *Cassia grandis*-Baum erkennen. Ein Hund, dessen Zähne überdeutlich sichtbar sind, trinkt zwischen ihren Beinen aus einem Gewässer. In der rechten Hand hält die Frau eine abgetrennte Hand. Aus einem Korb, den sie mit Hilfe eines Stirnriemens auf dem Rücken trägt, ragt neben einer Kalebasse ein abgetrennter Fuß. Im Hintergrund bewegt sich eine Tapuya-Gruppe talabwärts. Keine Frage: Hier ist eine Kannibalin zu sehen (Abb. 6).

Das Paar, das der Ethnie der Tupinambá zugeordnet werden kann, ist anders dargestellt. Der Mann, dessen Schnurr- und Kinnbart europäisch anmuten, trägt einen kurzen weißen Baumwoll- oder Leinenrock, in dessen Bund ein Messer mit Metallklinge steckt. In den Händen hält er einen Bogen und mehrere Pfeile. Im Vordergrund rechts neben ihm ist eine Maniok-Wurzel zu erkennen, deren Anbau als Grundnahrungsmittel der Kolonie Johann Moritz forcieren ließ. Im Hintergrund waschen weitere Tupinambá ihre weißen Röcke in einem Fluss; einige baden (Abb. 7). Auch die Frau trägt einen kurzen weißen Rock. Ihr dunkles Haar ist zu zwei Zöpfen zusammengebunden, die ihr bis zu den Hüften reichen. In ihrem rechten Arm hält sie ein kleines nacktes Kind, das sich an sie schmiegt, sowie eine Kalebasse. Mit ihrem linken Arm stützt sie einen geflochtenen rechteckigen Korb mit weiteren Kalebassen und anderen Gegenständen auf dem Kopf. Der Bananenbaum am rechten Bildrand verweist auf eine sesshafte Lebens- und Wirtschaftsweise, die Obst- und Palmenanlage mit repräsentativem Herrenhaus und arbeitenden Tupinambá im Hintergrund auf die Einbindung der Ethnie in die koloniale Plantagenökonomie (Abb. 8).

Das Paar, das Eckhout „zivilisatorisch“ besonders nah an die Europäer gerückt hat, repräsentiert die mestizischen Luso-Brasilianer, die seit Anfang des 16. Jahrhunderts aus den Beziehungen der portugiesischen Konquistadoren und Kolonisatoren mit indigenen Frauen und afrikanischen Sklavinnen hervorgegangen sind. Der Mann – auch er mit Schnurr- und Spitzbart – trägt ein langärmeliges weißes Hemd mit soldatisch aussehendem Umhang, der aus dem Fell eines Raubtieres zu bestehen scheint. Seine Waffen sind Gewehr und Degen, beide auf der Höhe der technischen Entwicklung in Europa. Irritierend wirkt, dass sein Hemd lediglich knielang ist und dass er keine Schuhe trägt. Im Hintergrund ist die Küste zu sehen, das Meer und mehrere Schiffe, am rechten Bildrand wächst Zuckerrohr, das Hauptexportprodukt der Kolonie (Abb. 9). Die Frau trägt ein bodenlanges weißes Kleid, wie es in der Malerei des 17. Jahrhunderts für allegorische Figuren üblich war. An Hals, Ohren und rechtem Handgelenk ist Schmuck erkennbar, der zumindest zum Teil europäischer Herkunft zu sein scheint. In der rechten Hand hält sie einen mit Blumen gefüllten Korb, mit der linken hebt sie das Kleid an, sodass ihre nackten Füße sichtbar werden. Im Hintergrund eröffnet sich eine weite, kultivierte Landschaft, in der sich auch einzelne Häuser zeigen. Die Haut der beiden ist deutlich heller als die ihrer indianischen Pendants (Abb. 10).

Das Paarbild, das hier am Ende stehen soll, ist der schwarzen Bevölkerung der Kolonie gewidmet, den Sklavinnen und Sklaven, auf deren Herkunft die afrikanische Dattelpalme, der Elefantenzahn und nicht zuletzt die Schiffe am Horizont verweisen.<sup>7</sup> Der Mann trägt einen blau-weiß karierten Lendenschurz, der zugleich Speere und Harpunen sowie ein aufwendig

<sup>7</sup> Hintergründe: Luis Felipe de Alencastro, Johann Moritz und der Sklavenhandel, in: *Sein Feld war die Welt* (wie Anm. 3), S. 123-144; Ernst van den Boogaart, *Black Slavery and the 'Mulatto Escape Hatch' in the Brazilian Ensembles of Frans Post and Albert Eckhout*, in: *The Slave in European Art: From Renaissance Trophy to Abolitionist Emblem*, hg. von Elizabeth McGrath und Jean Michel Massing, London und Torino 2012, S. 217-251.



gestaltetes Schwert umfasst, das als Zeremonialschwert der westafrikanischen Akan identifiziert werden kann.<sup>8</sup> In seiner rechten Hand hält er selbstbewusst einen weiteren Speer in die Höhe. Im Hintergrund ist das Meer zu sehen (Abb. 11). Die Frau trägt einen ebenfalls blauweiß karierten Rock, der von einer roten Schärpe gehalten wird, in der eine holländische Tonpfeife steckt. Ihr Oberkörper und ihre Beine sind unbedeckt. Der prächtige Hut auf ihrem Kopf besteht aus Pfauenfedern. Ihr Schmuck an Hals, Ohren und Handgelenken – u.a. zwei Perlenketten – weist deutlich über den Status einer Sklavin hinaus. Ihre rechte Hand hält einen reich verzierten übervollen Korb mit Früchten, ihre linke liegt auf dem Kopf eines kleinen nackten Jungen mit Papagei und Maiskolben, dessen Haut deutlich heller ist als ihre. Im Mittelgrund sind Fischer zu erkennen, die ihre Netze flicken. Einer von ihnen ist auf eine Aussichtsleiter geklettert, wohl um die Schiffe zu beobachten, die im Hintergrund schemenhaft kommen und gehen (Abb. 12).<sup>9</sup>

### 3. Der weiße Blick

Als ich vor gut zehn Jahren damit begann, über die Geschichte der Reinheit nachzudenken,<sup>10</sup> merkte ich rasch, wie eng diese Geschichte mit der Geschichte der Hautfarben korrespondiert, wird doch die Wahrnehmung – und Deutung – von Hautfarben historisch mehr oder weniger durchgängig von Reinheitsvorstellungen begleitet, wobei die europäische Expansion in der frühen Neuzeit und die damit einhergehende Intensivierung des Sklavenhandels eine besondere Rolle spielen.<sup>11</sup> Die Beschäftigung mit der Geschichte der Hautfarben wiederum ließ mich auf die Paarbilder Albert Eckhouts aufmerksam werden und zwar vor allem aus einem Grund: Die Bilder konfrontieren ihre Betrachterinnen und Betrachter mit der Frage, welche Rolle die Hautfarbe im 17. Jahrhundert für die Markierung kultureller Differenz spielte. Eine Frage, die ich im Folgenden beantworten möchte.<sup>12</sup>

Das aber heißt auch: Die Bilder verweisen auf einen Prozess, in dessen Verlauf die europäische Wahrnehmung von Hautfarbe die europäische Wahrnehmung des nicht-europäischen „Anderen“ mehr und mehr zu bestimmen begann. Ja, man wird sogar festhalten dürfen, dass die Hautfarbe erst im Laufe dieses Prozesses zu jenem überindividuellen Unterscheidungsmerkmal wurde, das es erlaubte, interkulturelle Begegnungen chromatisch zu strukturieren, zu

<sup>8</sup> Inge Schjellerup, Der Reiz exotischer Menschen im siebzehnten Jahrhundert. Albert Eckhouts Gemälde, in: Aufbruch in neue Welten. Johann Moritz von Nassau-Siegen, der Brasilianer (1604-1679), hg. von Gerhard Brunn, Siegen 2004, S. 90-99, hier S. 99.

<sup>9</sup> Vgl. dazu auch Rebecca Parker Brienen, Albert Eckhout's *African Woman and Child* (1641): Slave Portraiture in the Atlantic World, hg. von Agnes Lugo-Ortiz und Angela Rosenthal, New York 2013, S. 229-255.

<sup>10</sup> Reinheit, hg. von Peter Burschel und Christoph Marx, Wien, Köln und Weimar 2011; Peter Burschel, Die Erfindung der Reinheit. Eine andere Geschichte der frühen Neuzeit, Göttingen 2014.

<sup>11</sup> Peter Burschel, On the Cultural Coding of Skin Colour in Early Modern Contact Zones, in: Chaos in the Contact Zone. Unpredictability, Improvisation and the Struggle for Control in Cultural Encounters, hg. von Stephanie Wodianska und Christoph Behrens, Bielefeld 2017, S. 43-58.

<sup>12</sup> Zum Begriff der „Markierung kultureller Differenz“: Andreas Bähr, Peter Burschel und Christine Vogel, Einführung: Differenzmarkierungen, in: Selbstzeugnis und Person. Transkulturelle Perspektiven, hg. von Claudia Ulbrich, Hans Medick und Angelika Schaser, Köln, Weimar und Wien 2012, S. 273.



klassifizieren und nicht zuletzt auch zu hierarchisieren. Es war dieser Prozess, der die weiße Hautfarbe zu jener Norm werden ließ, die kulturell nicht mehr auszuhandeln, die, wenn man so will, kulturell nicht mehr zu hintergehen war.<sup>13</sup>

Warum aber fehlt dann die europäische Bevölkerungsgruppe der Kolonie auf Eckhouts Bilderreihen, dessen dokumentarische Absicht doch auf der Hand liegt. Wenn wir davon ausgehen, dass der Zyklus der Paarbilder (zumindest ursprünglich) auch repräsentativen Zwecken dienen sollte, darf geantwortet werden: Wenn auch die Kolonisatoren selbst ungemalt bleiben, ist doch ihr Blick allgegenwärtig. Die Bilder zwingen die Kolonisierten in eine Ordnung kollektiver Sichtbarkeit, der sich die Kolonisatoren entziehen – und die doch ganz die ihre ist. Schmidt-Linsenhoff spricht vor diesem Hintergrund vom „weißen Blick“ als dem „Auge Gottes“.<sup>14</sup>

#### 4. „Complexio“

Wie aber sah der Prozess aus, in dessen Verlauf die Hautfarbe zu einem kollektiven Medium kultureller Taxierung wurde? Im Mittelalter galt Hautfarbe noch als Körperfarbe, die von der „complexio“ eines Menschen abhängig war, von der je verschiedenen und je veränderlichen Mischung der je eigenen Körpersäfte, wobei das Mischungsverhältnis auf Faktoren wie Klima, Ernährung, Alter und Geschlecht zurückgeführt wurde. Eine „ideale“ bzw. „wohltemperierte“ Komplexion lag vereinfacht gesagt dann vor, wenn die Körpersäfte ein ausgeglichenes Mischungsverhältnis zwischen den Extremen von großer Hitze und Trockenheit und großer Kälte und Feuchtigkeit aufwiesen, Extremen, die mit der Haut- bzw. Körperfarbe schwarz auf der einen Seite und weiß auf der anderen korrespondierten.<sup>15</sup> Um es an einem Beispiel zu konkretisieren: Wenn die Kanarischen Inseln seit ihrer Entdeckung in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts als besonders „glücklich“ galten, dann auch deshalb, weil ihren Bewohnern (u. a. von Boccaccio<sup>16</sup>) eine ideale Hautfarbe zwischen schwarz und weiß zugeschrieben wurde. Nebenbei: Als die Kanarier mit der spanischen Eroberung gegen Ende des 15. Jahrhunderts in großer

<sup>13</sup> Zu diesem Prozess an dieser Stelle nur Anna Greve, *Farbe – Macht – Körper. Kritische Weißseinsforschung in der europäischen Kunstgeschichte*, Karlsruhe 2013; Wulf D. Hund, *Wie die Deutschen weiß wurden. Kleine (Heimat)Geschichte des Rassismus*, Stuttgart 2017 und Sarah Reimann, *Die Entstehung des wissenschaftlichen Rassismus im 18. Jahrhundert*, Stuttgart 2017, insbesondere S. 100-105 sowie drei Sammelbände mit einschlägigen Beiträgen: *Race*, hg. von Robert Bernasconi, Malden und Oxford 2001; *Black Africans in Renaissance Europe*, hg. von Thomas F. Earle und Kate J. P. Lowe, Cambridge und New York 2010 (Paperback) (12005) und: *Johann Friedrich Blumenbach. Race and Natural History, 1750-1850*, hg. von Nicolaas Rupke und Gerhard Lauer, London und New York 2019. Vgl. darüber hinaus Jan Nederveen Pieterse, *Wit Over Zwart: Beelden van Afrika en Zwarten in de Westerse Populaire Cultuur*, Amsterdam 1990 (seit 1992 auch in englischer Übersetzung).

<sup>14</sup> Schmidt-Linsenhoff, *Rhetorik der Hautfarben* (wie Anm. 6), S. 294.

<sup>15</sup> Pointiert: Valentin Groebner, *Haben Hautfarben eine Geschichte? Personenbeschreibungen und ihre Kategorien zwischen dem 13. und dem 16. Jahrhundert*, in: *Zeitschrift für Historische Forschung* 30 (2003), S. 1-17; ders., *Mit dem Feind schlafen. Nachdenken über Hautfarben, Sex und „Rasse“ im spätmittelalterlichen Europa*, in: *Historische Anthropologie* 15 (2007), S. 327-338.

<sup>16</sup> Giorgio Padoan, *Petrarcha, Boccaccio e la scoperta delle Canarie*, in: *Italia Medioevale e Umanistica* 7 (1964), S. 263-277.





Zahl versklavt wurden, büßten sie in einem Prozess des „Blackening“ auch ihre ideale Hautfarbe ein. Sie wurden dunkelbraun.<sup>17</sup>

Im Laufe des 16. Jahrhunderts allerdings geriet das mittelalterliche Konzept von „complexio“ medizinisch, physiologisch und nicht zuletzt auch naturphilosophisch ins Abseits. Die Komplexion „wanderte“, um mit dem Kulturhistoriker Valentin Groebner zu sprechen, „aus dem unsichtbaren Inneren individueller Säftemischungen auf das Äußere des Körpers und wandelte sich zu etwas prinzipiell Sichtbarem: zu etwas, was auf der Haut verortet wurde.“<sup>18</sup> „Complexio“ kann in Texten des späten 16. und frühen 17. Jahrhunderts die physische Konstitution eines Menschen bezeichnen, aber auch seine Hautfarbe selbst, die jetzt durchgängig und nachdrücklich als natürlich, angeboren und unveränderbar erscheint – und das keineswegs nur in wissenschaftlichen Diskursen. Um nur auf ein Beispiel für diesen Wandel hinzuweisen: Die mittelalterliche Vorstellung, dass Äthiopier, die es in den Norden verschlägt, bereits nach wenigen Generationen ihre Hautfarbe wechseln, wie sie noch 1566 bei Jean Bodin in seiner einflussreichen Schrift „Methodus ad facilem historiarum cognitionem“ zu finden ist, konnte Mitte des 17. Jahrhunderts kaum noch mit Akzeptanz rechnen.<sup>19</sup>

## 5. Der Tag von Guanahani

Gleichzeitig ist zu beobachten, wie die Europäer seit der Wende vom 15. zum 16. Jahrhundert die Muster ihrer chromatischen Selbst- und Weltbeschreibungen in den Amerikas etablierten. Versucht man, diesen Prozess anschaulich auf den Punkt zu bringen, so bietet sich ein vergleichender Blick in zwei exemplarische (und überdies prominente) Texte an, die das Zusammentreffen von Christoph Kolumbus und seiner Mannschaft mit Einwohnern der Insel Guanahani am 12. Oktober 1492 festhalten: in das Tagebuch der ersten „Amerika“-Reise des Admirals und in die „Historia de las Indias“ Bartolomé de las Casas', die eine etwa vierzig Jahre später entstandene Version des Tagebucheintrags bietet. Während es Kolumbus in seinem Tagebuch dabei belässt, die Hautfarbe der Einwohner Guanahanis mit der Hautfarbe der Einwohner der Kanarischen Inseln zu vergleichen, der letzten Etappe vor der großen Atlantiküberquerung: „sie sind von der Farbe der Kanarier, also in der Mitte zwischen schwarz und weiß“, bringt las Casas zusätzlich die weiße Haut der Spanier ins Spiel – und zwar als Wahrnehmungs- und Deutungsmedium der Inselbewohner selbst: „Die Indianer waren erstaunt, als sie die Christen sahen, und fürchteten sich vor ihren Bärten und vor ihrer weißen Haut. Sie näherten sich ängstlich den bärtigen Männern, vor allem dem Admiral. Wegen seiner würdevollen Haltung und seiner scharlachroten Kleidung nahmen sie an, dass er ihr Befehlshaber war. Sie betasteten die Bärte der Spanier und bestaunten sie, weil sie selbst keine hatten, und betrachteten sorgfältig die weiße Haut an ihren Händen und Gesichtern.“<sup>20</sup>

<sup>17</sup> Valentin Groebner, *Der Schein der Person. Steckbrief, Ausweis und Kontrolle im Europa des Mittelalters*, München 2004, S. 95-97.

<sup>18</sup> Ebd., S. 101 – sowie die in Anm. 15 genannten Aufsätze.

<sup>19</sup> Marian Tooley, *Bodin and the Medieval Theory of Climate*, in: *Speculum* 28 (1953), S. 64-83.

<sup>20</sup> Nachweise: Burschel, *On the Cultural Coding of Skin Colour* (wie Anm. 11), S. 47f. (Die spanischen Quellen wurden für den Vortrag ins Deutsche übersetzt.)



Obwohl man chromatische Aneignungen wie diese fast „unschuldig“ nennen möchte, dokumentieren sie doch eine zunehmende kulturelle Semantisierung von Hautfarben in der frühen Neuzeit, die ihrerseits auf eine zunehmende Stigmatisierung von Menschen brauner bzw. „gemischter“ – „unreiner“ – sowie schwarzer Hautfarbe zielte. Eine Stigmatisierung, die nicht zuletzt auch die einschlägigen (zumeist biblischen) Abstammungsnarrative erreichte. So wurde der jüngste Noah-Sohn Ham, dessen Sohn Kanaan von seinem Großvater verflucht worden war, in ewiger Knechtschaft zu leben, seit dem ausgehenden Mittelalter nachhaltig „afrikanisiert“, um die Sklaverei zu rechtfertigen. In den Worten des Historikers Benjamin Braude: „By the nineteenth century, the connection of Ham with Africa had been so deeply embedded in European consciousness that it was seen as the correct reading even when it was clearly a later addition.“<sup>21</sup> Eine Stigmatisierung, die damit Menschen schwarzer Hautfarbe zudem die Fähigkeit zur „reproduction of culture“ absprach, wie es der Rassismus-Forscher David Nirenberg genannt hat.<sup>22</sup> Eine Stigmatisierung schließlich, die im Laufe des 18. Jahrhunderts die Einwohner Nordamerikas „rot“ und jene Ostasiens „gelb“ werden ließ – nicht zuletzt im Rahmen früher Rassentheorien.<sup>23</sup>

## 6. Amerigo entdeckt Amerika

Kehrt man vor diesem Hintergrund zu den Bildern zurück, auf denen Albert Eckhout die ethnische Struktur Niederländisch-Brasiliens in Szene setzt, so darf zuerst einmal festgehalten werden, dass er die Hautfarbe zu einem, ja, vielleicht sogar zu dem Medium kultureller Differenz werden lässt. Eckhout folgt damit ohne Frage der beschriebenen Entwicklung seiner Zeit, koloniale Verhältnisse chromatisch zu erfassen und auf diese Weise als „natürlich“ vor Augen zu führen. Gleichzeitig trägt er mit seiner chromatisch grundierten Typengalerie erheblich dazu bei, diese Entwicklung zu verstärken. Nebenbei bemerkt: Die beschriebene Entwicklung nimmt zwar seit dem ausgehenden 16. Jahrhundert an Fahrt auf, lässt aber das alte Darstellungsmuster, nicht-europäische Menschen physiognomisch und chromatisch zu europäisieren bzw. zu antikisieren, erst ganz allmählich hinter sich. So markiert zum Beispiel der berühmte Kupferstich Jan van der Straets „Amerigo entdeckt Amerika“ auch in seiner kolorierten Fassung von 1589 keinen chromatischen Unterschied zwischen Europa und der Neuen Welt. Europa ist bekleidete weiße Männlichkeit, Amerika unbekleidete weiße

<sup>21</sup> Benjamin Braude, *The Sons of Noah and the Construction of Ethnic and Geographical Identities in the Medieval and Early Modern Periods*, in: *William and Mary Quarterly* 54 (1997), S. 103-142, hier S. 119.

<sup>22</sup> David Nirenberg, *Conversion, Sex, and Segregation: Jews and Christians in Medieval Spain*, in: *The American Historical Review* 107 (2002), S. 1065-1093; ders., *Was there Race before Modernity? The Example of 'Jewish' Blood in Late Medieval Spain*, in: *The Origins of Racism in the West*, hg. von Miriam Eliav-Feldon, Benjamin Isaac und Joseph Ziegler, Cambridge 2009, S. 232-264.

<sup>23</sup> Walter Demel, *Wie die Chinesen gelb wurden. Ein Beitrag zur Frühgeschichte der Rassentheorien*, in: *Historische Zeitschrift* 255 (1992), S. 625-666; Nancy Shoemaker, *How Indians Got to be Red*, in: *The American Historical Review* 102 (1997), S. 625-644; Susanne Zantop, *'Der Indianer' im Rasse- und Geschlechterdiskurs der deutschen Spätaufklärung*, in: *Das Subjekt und die Anderen. Interkulturalität und Geschlechterdifferenz vom 18. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, hg. von Herbert Uerlings, Karl Hölz und Viktoria Schmidt-Linsenhoff, Berlin 2001, S. 119-133; Nancy Shoemaker, *A Strange Likeness: Becoming Red and White in Eighteenth-Century North America*, Oxford und New York 2004; Michael Kevak, *Becoming Yellow: A Short History of Racial Thinking*, Princeton und Oxford 2011.



Weiblichkeit (Abb. 13).<sup>24</sup> Oder Afrika. Um wieder nur ein Beispiel zu nennen: Die Allegorie Afrikas auf einem Holzschnitt in Cesare Ripas „Iconologia“ von 1603 ist eine weiße Frauenfigur mit Füllhorn, Löwe, Elefantenrüssel und anderen einschlägigen Attributen, schwarz wird sie erst in späteren Übersetzungen des 17. Jahrhunderts (Abb. 14 und Abb. 15).<sup>25</sup>

Keine Frage also: Die Hautfarbe der abgebildeten Frauen und Männer trägt dazu bei, die ethnische – und kulturelle – Struktur der kolonialen Gesellschaft sichtbar zu machen. Was aber heißt das genau? Ist damit chromatisch schon alles gesagt? Ist der Zyklus damit chromatisch bereits hinreichend erfasst? Ich glaube nicht – und zwar aus zwei Gründen. So fällt zum einen auf, dass der eigentliche „zivilisatorische“ Bruch auf den Bildern nicht zwischen „schwarz“ und „weiß“ verläuft, sondern zwischen Tapuya und Tupinambá – die einen Kannibalen, die anderen Teil der kolonialen Plantagenökonomie –, zwischen den beiden dargestellten indigenen Gruppen also, die chromatisch gar nicht zu unterscheiden sind bzw. nicht unterschieden werden. In anderen Worten: Es ist nicht die Hautfarbe, es ist nicht die „Natur“, die in diesem Fall kulturelle Differenz herstellt und unhintergebar werden lässt, es ist die jeweilige kulturelle Distanz zu den Europäern. Zum anderen ist bemerkenswert, dass Eckhout den Afrikaner als kampfbereiten Krieger mit königlichem Schwert und die Afrikanerin als stolze und ernste Mutter mit kostbarem Schmuck inszeniert und damit die Verbindung von schwarzer Hautfarbe, unfreier Arbeit und ausgeprägter Sinnlichkeit unterläuft, die seit Mitte des 17. Jahrhunderts in kolonialen Narrativen immer häufiger zu beobachten ist.<sup>26</sup> Hinzu kommt, dass Eckhout jedes Attribut vermeidet, das die beiden als Sklaven ausweist, abgesehen vielleicht von den Schiffen am Horizont.<sup>27</sup>

## 7. Sklaverei ohne Sklaven?

Wie ist dieser Befund zu erklären? Wäre es denkbar, dass es gar nicht um eine repräsentative Abbildung der Kolonie in dokumentarischer Absicht ging, einer Kolonie, die geradezu als

<sup>24</sup> So auch Daum, Albert Eckhouts „gemalte Kolonie“ (wie Anm. 5), S. 131. Vgl. darüber hinaus Maïke Christadler, Giovanni Stradanos *America*-Allegorie als Ikone der Postcolonial Studies, in: Kunst und Politik. Jahrbuch der Guernica-Gesellschaft 4: Postkolonialismus, hg. von Jutta Held und Viktoria Schmidt-Linsenhoff (2002), S. 17–33.

<sup>25</sup> Daum, Albert Eckhouts „gemalte Kolonie“ (wie Anm. 5), S. 81f., 132f.

<sup>26</sup> Projektionen – Rassismus und Sexismus in der Visuellen Kultur, hg. von Annegret Friedrich, Birgit Haehnel, Viktoria Schmidt-Linsenhoff und Christina Threuter, Marburg 1997; Schmidt-Linsenhoff, Rhetorik der Hautfarben (wie Anm. 6), S. 300–302; Weiße Blicke. Geschlechtermythen des Kolonialismus, hg. von Viktoria Schmidt-Linsenhoff, Karl Hölz und Herbert Uerlings, Marburg 2004.

<sup>27</sup> Viktoria Schmidt-Linsenhoff hat darauf hingewiesen, dass im Unterschied dazu der aus Dresden stammende Söldner Zacharias Wagner, der zwischen 1634 und 1641 im Dienst der Niederländischen Westindien-Kompanie in Brasilien stand und dort die Vorstudien der Paarbilder Eckhouts (mehr oder weniger unbeholfen) kopierte, die Afrikanerin mit der Brandmarkierung eines „M“ mit Krone versah – und damit als Sklavin von Johann Moritz auswies. Schmidt-Linsenhoff, Rhetorik der Hautfarben (wie Anm. 6), S. 298. Abbildung: Brasil holandês, Bd. 2: O „Thierbuch“ e a „Autobiografia“ de Zacharias Wagener, hg. von Cristina Ferrão und José Monteiro Soares, Rio de Janeiro 1997, S. 177. („Thierbuch“ und „Autobiographie“/„Tagebuch“ finden sich im Kupferstich-Kabinett Dresden.)



Laboratorium des niederländischen Sklavenhandels gelten darf, wie Frans Post im Unterschied zu Albert Eckhout durchaus festgehalten hat (Abb. 16)<sup>28</sup> und auch andere Maler zu erkennen geben (Abb. 17).<sup>29</sup> Wäre es denkbar, dass wir es hier mit einer „realistisch“ dargestellten Vision einer Kolonie ohne Sklaven zu tun haben? Ja, dürfen wir möglicherweise sogar von einem „kolonialen Gegendiskurs“ ausgehen?<sup>30</sup> Wäre es denkbar, dass Johann Moritz seinen Hofmaler Albert Eckhout dazu angehalten hat, Sklaverei in ein Paarbild zu übersetzen, das die soziale und ökonomische Praxis unfreier Arbeit kulturell zum Verschwinden bringt, weil sie religiös und ethisch zu viele Fragen aufwarf?<sup>31</sup> Ich möchte all das nicht ausschließen – und es fehlt in den kolonialen Bildkulturen des 17. Jahrhunderts auch nicht an subversiven Momenten. Ich möchte eine andere Erklärung aber stärker machen: Die Bilder konfrontieren uns mit einer Entwicklungsphase der europäischen Codierung von Hautfarbe, die gewiss nicht mehr offen genannt werden kann, die aber noch Spielräume der kulturellen Aneignung des nicht-europäischen „Anderen“ erkennen lässt. Keine Frage, diese Spielräume wurden im Laufe des 17. Jahrhunderts enger, wie Dirk Valkenburgs Gemälde einer Gruppe von tanzenden, trinkenden und rauchenden Sklavinnen und Sklaven in Surinam geradezu paradigmatisch zeigt (Abb. 18).<sup>32</sup> Noch aber gab es sie. Noch konnte die Verbindung von Hautfarbe, Sexualität und Sklaverei unterlaufen werden.

<sup>28</sup> Beispiele: Corrêa do Lago, Frans Post (wie Anm. 2), S. 192f. (Nr. 48), S. 194f. (Nr. 49), S. 196f. (Nr. 50), S. 210f. (Nr. 56), S. 214f. (Nr. 58), S. 216f. (Nr. 59), S. 284f. (Nr. 109), S. 288f. (Nr. 112), S. 292f. (Nr. 114), S. 299 (Nr. 118), S. 309 (Nr. 128), S. 312 (Nr. 131), S. 379 (Nr. D-21), S. 388 (Nr. D-54) (Abb. 16).

<sup>29</sup> Vor allem der bereits erwähnte Zacharias Wagner in seinem „Thierbuch“. Zu Wagner neben Anm. 27: Sybille Pfaff, Zacharias Wagener (1614-1668), Haßfurt 2001.

<sup>30</sup> So Schmidt-Linsenhoff, Rhetorik der Hautfarben (wie Anm. 6), S. 302-305. Vgl. vor diesem Hintergrund auch Tanja Michalsky, Horizontenerweiterung? Niederländische Landschaft in Brasilien, in: Expansionen in der Frühen Neuzeit, hg. von Renate Dür, Gisela Engel und Johannes Süßmann, Berlin 2005, S. 357-383.

<sup>31</sup> Ineke Phaf-Rheinberger, Von Sklavenhandel und christlichen Vorbehalten. Die Aktualität von Caspar Barlaeus in Amerika und Afrika, in: Sein Feld war die Welt (wie Anm. 3), S. 145-158.

<sup>32</sup> Daum, Albert Eckhouts „gemalte Kolonie“ (wie Anm. 5), S. 135. Unter Einbeziehung der niederländischen Genremalerei: Natalie Zemon Davis, *Women on the Margins: Three Seventeenth-Century Lives*, Cambridge (Massachusetts) und London 1995, S. 190f.





## Anhang: Abbildungen



Abb. 1. Albert Eckhout, *Paarbildzyklus Gesamtschau*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, Kopenhagen, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 2. Albert Eckhout, *Der Tanz der Tapuya*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 172 x 295 cm, Kopenhagen, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 3. John White, Algonkin-Chief, um 1585, Aquarell, 26,3 x 15 cm, London, British Museum © The Trustees of the British Museum



Abb. 4. John White, Frau eines Algonkin-Chiefs mit ihrer Tochter, um 1585, Aquarell, 26,3 x 14,9 cm, London, British Museum © The Trustees of the British Museum

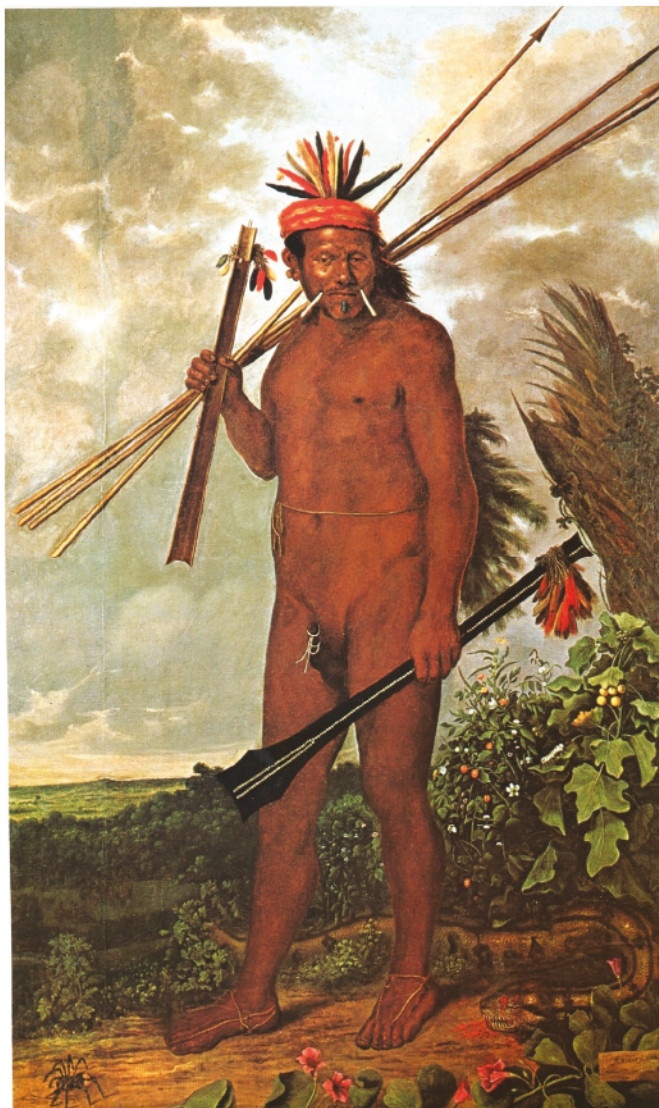


Abb. 5. Albert Eckhout, *Tapuya-Mann*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 272 x 161 cm, København, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



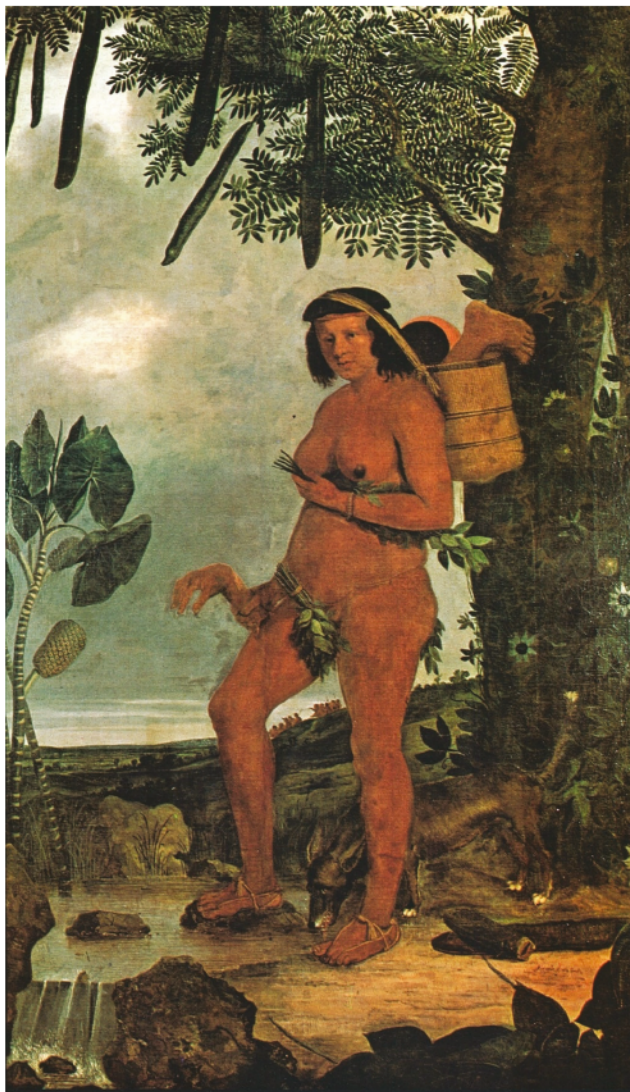


Abb. 6. Albert Eckhout, *Tapuya-Frau*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 272 x 165 cm, København, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 7. Albert Eckhout, *Tupinambá-Mann*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 272 x 163 cm, Kopenhagen, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 8. Albert Eckhout, *Tupinambá-Frau mit Kind*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 274 x 163 cm, København, Nationalmuseet, Etnografisk Samling





Abb. 9. Albert Eckhout, *Luso-Brasíliano*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 274 x 170 cm, Kopenhagen, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 10. Albert Eckhout, *Luso-Brasilianerin*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 271 x 170 cm, København, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 11. Albert Eckhout, *Afrikaner*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 273 x 167 cm, København, Nationalmuseet, Etnografisk Samling





Abb. 12. Albert Eckhout, *Afrikanerin mit Kind*, 1646-1653, Öl auf Leinwand, 282 x 189 cm, Kopenhagen, Nationalmuseet, Etnografisk Samling



Abb. 13. Jan van der Straet (Giovanni Stradano), *Americen Americus retextit*, 1591, Kupferstich aus der Folge "Nova Reperta", Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel



Abb. 14. Cesare Ripa, *Africa*, Holzschnitt, in: *Iconologia*, Roma 1603, Universitätsbibliothek Heidelberg, Heidelberger historische Bestände - digital





Abb. 15. Cesare Ripa, *Africa*, Holzschnitt, in: *Iconologia*, Amsterdam 1644, Sterling and Francine Clark Art Institute Library

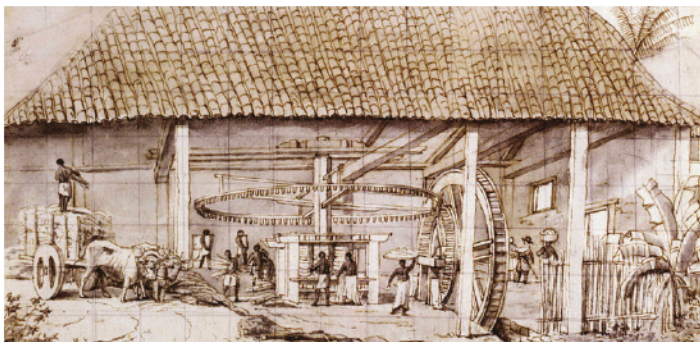


Abb. 16. Frans Post, *Zuckermühle*, Federzeichnung, Haarlem nach 1644, 14,3 x 28,2 cm  
© Royal Museums of Fine Arts of Belgium, Brussels / Foto: Grafisch Buro Lefevre, Heule



Abb. 17. Zacharias Wagner, *Sklavenmarkt in Recife*, Aquarell, in: *Thierbuch*, Nr. 106, Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Kupferstich-Kabinett



Abb. 18. Dirk Valkenburg, „*Slavendans*“ auf einer Zuckerplantage in Surinam, 1706-1708, Öl auf Leinwand, 58 x 46 cm, København, Statens Museum for Kunst



## Schlusswort Neujahrsversammlung der BWG 25.01.2020

KLAUS GAHL  
Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Sehr verehrte Damen und Herren,  
nur ein kurzes Schlusswort.

Zuerst sei Herrn Prof. Dr. Peter Burschel herzlich gedankt für seinen Vortrag über den Tanz der Tapuya, für diese Entführung in eine uns fremde, in eine geheimnisvolle, von Tanz und Musik, ekstatischer Bewegung und bunter Leiblichkeit geprägte, synästhetisch und gelebte Welterfahrung.

Dank gilt auch unseren beiden Sekretärinnen Frau Petersen und Frau Mumcu, die wieder die Vorbereitungen für diese Neujahrsversammlung umsichtig getroffen haben. Ich möchte Frau Petersen im Besonderen nennen. Sie ist nach 26 Dienstjahren im Dezember in den wohlverdienten Ruhestand gegangen - erst nachdem sie gemeinsam mit Frau Mumcu die heutige Veranstaltung vorbereitet hatte. Frau Petersen hat sich unermüdlich für die BWG engagiert, sie war nicht nur die praktische Stütze, sondern auch die gute Seele im Sekretariat, das sie verantwortungsbewusst, sorgfältig, umsichtig und stets zuverlässig geführt hat. Unser aller Dank gilt ihr.

Die 3. Person, der heute besonders zu danken ist, sind Sie, sehr geehrter Herr Altpäsident, lieber Herr Richter, der Sie nun mit der Weitergabe der Amtskette die Würde und die Bürde des Präsidentenamtes an Herrn Prof. Reimers übergeben haben.

Ich will hier nicht die vielen beachtenswerten Ereignisse Ihrer Amtszeit noch einmal auflisten, vielmehr möchte ich mich persönlich und im Namen von Frau Prof. Müller-Goymann bedanken für die stets angenehme, freundliche und harmonische Zusammenarbeit im Präsidium.

Ich möchte kurz zu dem bewegten und bewegenden Vortrag von Herrn Burschel zurückkommen: diesem Eindruck aus einer fremden Welt, aus einer Kultur, die stärker als unsere noch mit der Natur verbunden ist. Können wir etwas daraus lernen? Wir können nicht „zurück zur Natur“ – aber zu einem Bewusstsein für unsere Verantwortung für die Natur einschließlich Klima, die nicht von der sozioökonomischen Verantwortung für die Bevölkerung zu trennen ist. Die in der gestrigen Zeitung wiedergegebene Äußerung von Siemens-Chef Kaeser veranlasst mich zu dieser Äußerung.

Ein Zweites aus dem „Tanz der Tapuya“: Wie gehen wir mit Menschen mit anderer Hautfarbe um? Das ist eine der Fragen, der Aufgaben, die uns das neue Jahr stellt: „uns“ heißt hier: vor allem den Industrieländern der Welt, die die Natur auszubeuten und zu vernichten im Begriffe sind. Das stellt uns vor eine zweite Aufgabe für das neue Jahr: die internationale Hinarbeit auf eine Lösung der weltweiten Vertreibungs- und Flüchtlingsprobleme, die ja mit der ersten, mit der Verantwortung für die Natur zusammenhängt. Es geht um ökonomische und politische Vernunft. Das ist auch eine Aufgabe der Gesellschaft und der Wissenschaft.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen, uns allen ein kreatives, erfolgreiches und ein gesundes neues Jahr und darf Sie jetzt einladen zu einem Empfang in die Räumlichkeiten unserer BWG.



## Zirkulare Kausalität – ein Ausgangspunkt zur Entschlüsselung des Ursprungs des Lebens

ANDREAS KIRSCHNING

Institut für Organische Chemie und Biomolekulares Wirkstoffzentrum (BMWZ)  
der Leibniz Universität Hannover

### 1. Einführung: Zirkulare Kausalität in der molekularen Evolution und die RNA-Welttheorie

Wie hat das Leben auf dem Planeten Erde begonnen? Dies ist wohl die bedeutendste noch unbeantwortete Frage der Naturwissenschaften.<sup>1</sup> Die Erforschung des Ursprungs des Lebens wird für unsere eigene Erfahrung greifbar, wenn wir bedenken, dass das existierende Leben immer noch die Prägung seines Ursprungs trägt und dass es möglich ist, aus dem Bereich der existierenden Mechanismen die Konzepte der Vorfahren zu extrahieren. Heutzutage ist diese Frage des Ursprungs mit der Frage der Nukleinsäuren und Proteine verknüpft, und daran hängt sich die Frage auf, was zuerst auf der Erde auftauchte. Dieses ist ein typisches „Henne-und-Ei“-Problem, ein archetypisches Beispiel für kausale Zirkularität. Solche Szenarien sind relevant, wenn wir B für A brauchen, aber für B zuerst A.<sup>2</sup> Wenn wir die molekulare Evolution des Lebens betrachten, stoßen wir auf mehrere solcher metaphorischen Paradoxien, die sich mit diesem spezifischen Problem befassen.<sup>3</sup>

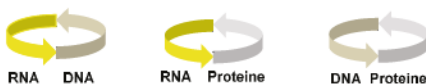


Abb. 1. Die drei klassischen „Henne-und-Ei“-Probleme der molekularen Evolution.

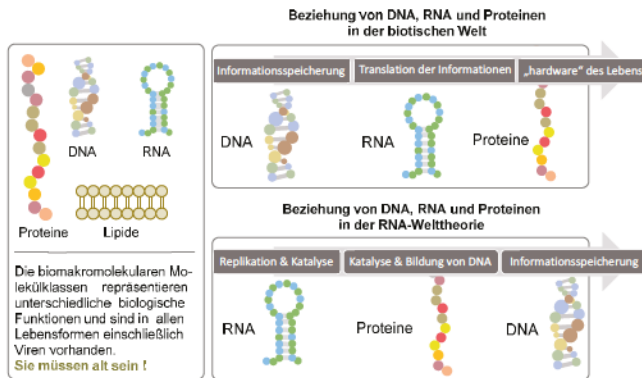
In der molekularen Evolution wurde das „Henne-und-Ei-Problem“ vor allem in Bezug auf die Hauptklassen der Makromoleküle diskutiert: Desoxyribonukleinsäure (hier DNA), Ribonukleinsäure (hier RNA) und Proteine (Abbildung 1), weniger für die Lipide, die bei der Kompartimentierung des Lebens, also der Membranbildung, eine Rolle gespielt haben müssen (Abbildung 1). DNA, RNA und Proteine sind für die Informationsspeicherung, Replikation und Transformation in Funktion verantwortlich. Es läuft dann auf die Frage hinaus, welches dieser drei privilegierten Makromoleküle das erste war. Die RNA-Welttheorie,<sup>4</sup> nicht die einzige aber heutzutage die wichtigste Theorie zur Erklärung des Ursprungs des Lebens, hat mehrere „Henne-und-Ei“-Probleme der molekularen Evolution lösen können. Dieser retrospektive, theoretische Blick kehrt die Funktionsbeziehung dieser drei Biomakromoleküle, so wie sie in der biotischen Welt vorliegen, für die abiotische Welt um.

Die RNA-Welttheorie, sollte sie korrekt sein, führt zu dem Ergebnis, dass biosynthetische und wahrscheinlich evolutionäre RNA ein Vorläufer der DNA und der Proteine ist. Begründet wird dieses mit der Entdeckung, dass RNA katalytische Eigenschaften besitzt<sup>5</sup> und dass sie zur Selbstreplikation befähigt ist. Ursprünglich hätte also ein einziges Makromolekül sowohl die Replikation als auch die Katalyse durchführen können. Es wurde postuliert, dass RNA-Fragmente zunächst aus einfachen präbiotischen Molekülen gebildet wurden, was zum frühen Auftreten einer Art von Ribozym führte. Diese könnten an der Bindung und Kondensation von





präbiotisch erzeugten Aminosäuren beteiligt gewesen sein, um die ersten Peptide und nicht-kodierten Ketten herzustellen, die mit modernen Peptidyltransferase-Zentren (PTC) vergleichbar wären. Solche alten Komplexe wurden gelegentlich auch als Proto-Ribosome bezeichnet. Biotisch gesehen ist das hochkomplizierte Translationssystem für seine eigene Bildung notwendig. Aus chemischer Sicht war dies der Einstieg in die Welt der heutigen Enzyme. Damals wurde die DNA-Bildung möglicherweise durch das spätere Auftauchen einer Eisen-abhängigen Ribonucleotid-Reduktase erleichtert. Daher geht die Theorie der RNA-Welt davon aus, dass die RNA den Proteinen vorausging und die wiederum der DNA (Abbildung 2).



*Abb. 2. Die wichtigsten Biomakromoleküle DNA, RNA und Proteine (Lipide werden hier nicht umfassender diskutiert), ihre funktionelle Beziehung in der biotischen Welt und in der RNA-Welttheorie.*

## 2. Coenzyme, die übersehenen vierten „Player“

Wichtige chemische Akteure des Stoffwechsels und des Protometabolismus - die Coenzyme und Cofaktoren - sind in diesen Betrachtungen weitgehend vernachlässigt worden. Dabei handelt es sich um kleine organische Nicht-Protein-Moleküle (z. B. Sirohäm, Ferredoxine, Nicotinamid und Flavin), die sich spezifisch an Proteine binden und aktiv an katalytischen Biotransformationen teilnehmen (Abbildung 2). Diese Allianz ist effektiv, weil sie in der Lage ist, standortspezifische Oxidationen und Reduktionen, Gruppentransferreaktionen wie Acylierung, Phosphorylierung, Methylierung und formale Acylanion-Transferreaktionen zu fördern. Der Proteinteil selbst ist im Allgemeinen nicht in der Lage, solche Reaktionen zu fördern, ist aber oft an der allgemeinen Säure-Base-Katalyse beteiligt. Tatsächlich kann man argumentieren, dass Coenzyme und Cofaktoren die chemischste Spezies in der Natur aller molekularen Architekturen sind, weil sie einige neue Rollen akzeptieren, die erst viel später in der Evolution ins Spiel kamen, da ihr einziger Zweck darin besteht, chemische Reaktionen zu fördern.

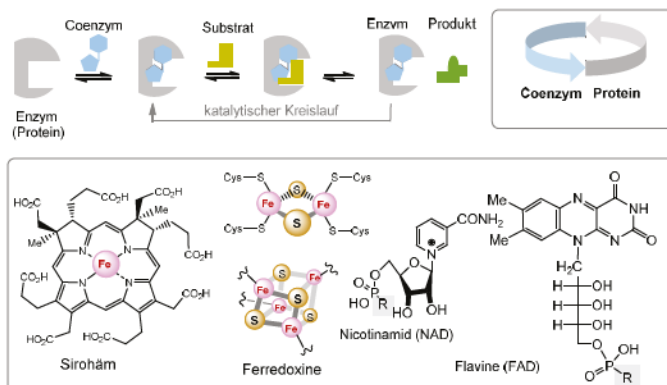


Abb. 3. Die Rolle von Cofaktoren/Coenzymen bei der Enzymkatalyse und das "Henne-und-Ei"-Problem des Coenzym-Protein Paares sowie Beispiele für Coenzyme und Cofaktoren (Eisen-abhängige Cofaktoren Sirohäm und Ferredoxine sowie die Coenzyme Nicotinamid und Flavin).

Ein genauerer Blick auf den biosynthetischen Ursprung und die biologische Rolle von Coenzymen offenbart ein weiteres biomolekulares "Henne-und-Ei"-Problem, nämlich die Beziehung zwischen dem Paar Coenzyme/Cofaktoren und Proteinen, inklusive den Enzymen (Abbildung 3). In der biotischen Welt wird jede der 20 proteinogenen Aminosäure und damit jedes Protein und Enzym über Biosynthesewege erzeugt an denen ein oder mehrere Coenzyme beteiligt sind. Umgekehrt muss jedes Coenzym durch enzymatische Katalyseschritte erzeugt werden. Aus diesem Paradoxon ergibt sich erneut die Frage, was zuerst da war. Proteine oder Coenzyme?

Strategien, den Ursprung des Lebens zu entwirren, wie sie von der RNA-Welthypothese verfolgt wurde, nutzen solche Paradoxien von biomolekularen Systemen als Ausgangsszenarien. Dabei werden präbiotische Milieus in die Überlegungen einbezogen. Biomolekulare Kausalkreisläufe können dann unterbrochen werden, wenn mindestens ein Element solcher Systeme ein molekularer Überrest aus präbiotischer Zeit ist. Ausgehend von diesen grundsätzlichen Überlegungen wird im Folgenden das "Henne-und-Ei"-Problem von Coenzymen und Proteinen diskutiert.

### 3. Coenzyme/Proteine, ein weiteres biomolekulares „Henne-und-Ei“-Problem

Um das Dilemma zu lösen, gehen wir auf eine Zeitreise zurück zum Ursprung der biotischen Evolution [(a) & (b)] und in die präbiotische Welt (c).

- (a) **Zurück in der biotischen Welt, die Welt der Viren:** Die erste Reise führt uns auf einem Zeitstrahl zurück in die Frühzeit des Lebens und analysiert die Existenz und Rolle von Coenzymen, Cofaktoren und auch Proteinen in Viroiden und dem letzten gemeinsamen Vorfahren (last unified common ancestor= LUCA). Ein bemerkenswerter Aspekt der RNA-Welthypothese ist die Verbindung zu viralen Lebensformen, insbesondere zu RNA-Viren.<sup>6</sup> Die Positionierung von Viren am Anfang der biotischen Evolution stellt





ein Dilemma dar, da ein Virus ein obligatorischer Parasit ist. Daher wird allgemein argumentiert, dass die Viren erst hätten entstehen können, als bereits Zellen existierten. Aber streng genommen wissen wir, dass Viren auf jedem Replikationssystem parasitieren, auch auf dem anderer Viren. Jeder Replikator, der einmal erzeugt wurde, ist anfällig für Parasitismus. Es gibt daher keinen Punkt, an dem wir mit Sicherheit von Viren sprechen können. Die Theorie der viralen Evolution geht davon aus, dass es beim Übergang von der präbiotischen Welt zur biotischen Welt wahrscheinlich genetische Parasiten oder Parasiten jener sich selbst replizierenden Einheiten gab, aus denen später Gene wurden. Nach dieser Vorstellung mussten die Viren nicht auf die Ankunft der Bakterien oder der Archaeen warten; ihre Vorfahren hätten früher in das Stadium eintreten können, so dass dem DNA-Zeitalter eine Epoche weitaus primitiverer, heftig konkurrierender, sich selbst replizierender RNA-Ketten - im Wesentlichen die RNA-Welt - vorausging. Unter diesen Umständen könnten einfache Vorfahren der RNA-Viren, einschließlich der Retroviren, bereits in dieser archaischen Welt erschienen sein. Ihre Unabhängigkeit manifestiert sich in der Beobachtung, dass die überwiegende Mehrheit der viralen Gene nicht in Bakterien, Pflanzen, Tieren oder anderen Wirten zu finden ist. Viren sind also in der Lage, von sich aus komplexe Gene zu erzeugen, die dann aus anderen Virusteilen zusammengesetzt werden. Der Zusammenhang ist manifest mit den heutigen proteinfreien Viroiden,<sup>6</sup> die oft als "lebende Fossilien" primordialer RNAs bezeichnet werden.<sup>7</sup>

Aber insgesamt löst der "Virus first"-Ansatz das "Henne-und-Ei"-Problem von Coenzymen und Proteinen nicht und liefert keine Antwort auf die Frage, welche der beiden Molekülklassen zuerst entstanden sein könnte.

**(b) Zurück in der biotischen Welt und der „last unified common ancestor“ (LUCA):**

Auf der zellulären Ebene werden die sogenannten Progenoten- oder LUCA-Modelle diskutiert, die den Ausgangspunkt des Lebens beschreiben sollen. Es wurden mehrere bioinformatische retrospektive Ansätze verfolgt, um eine Vorstellung vom Stoffwechsel von LUCA zu erhalten. Da Sauerstoff vor der biologischen Evolution abwesend gewesen sein muss, wird allgemein angenommen, dass LUCA ein Anaerobier war, und unter den verschiedenen bekannten Typen wurden wasserstoffabhängige Autotrophie, nämlich Acetogene und Methanogene, als vielversprechende Kandidaten für den physiologischen Urzustand vorgeschlagen.<sup>8</sup> Eine umfassende bioinformatische Untersuchung über die (bio)molekularen und physiologischen Grundlagen von LUCA wurde kürzlich von Martin et al. unternommen. Die Gruppe analysierte die Gensequenzen von 6,1 Millionen Protein-kodierenden Genen und daraus 286.514 Proteincluster aus sequenzierten prokaryotischen Genomen verschiedener Stammbäume.<sup>9</sup> Aus diesen wurden 355 Proteincluster als bedeutsam für den Metabolismus von LUCA extrahiert. Ferredoxine verbunden mit Radikalreaktionen mussten demnach dominiert haben. Die Cofaktoranalyse entwirrt das Vorhandensein von Biosynthesewegen für im Wesentlichen alle bekannten Coenzyme und Cofaktoren.

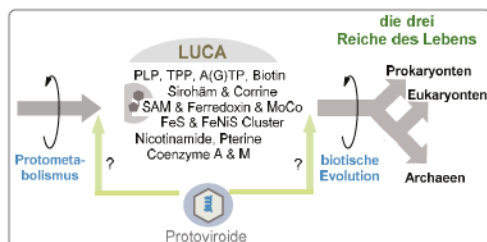


Abb. 4. Letzter gemeinsamer Vorfahre (LUCA) und seine Coenzyme und Cofaktoren. LUCA wird als Vorfahre von Prokaryonten und Archaeen angesehen, während Eukaryonten aus Archaeen entstehen. Die mögliche Rolle von Protoviroiden und wie ihr Ursprung mit LUCA zusammenhängen könnte, sind eingeschlossen ("virus first"-Hypothese).

Diese Analysen lösen zwar auch nicht das zirkuläre Dilemma von Coenzymen und Proteinen, aber sie offenbaren, dass nicht nur die Proteine, sondern auch die Coenzyme und Cofaktoren alt sein müssen. Das "Henne-und-Ei"-Problem kann gelöst werden, indem wir unsere Reise weiter in die Vergangenheit und die präbiotische Welt fortsetzen.

- (c) **Zurück in die abiotische Welt – der Protometabolismus:** Könnten demnach Aminosäuren/Proteine und Coenzyme vor dem Auftreten von LUCA existiert haben und erzeugt worden sein? Für die Aminosäuren und damit Peptide und Proteine lautet die Antwort ganz knapp: ja! Diese bilden sich unter verschiedenen geochemischen Szenarien, wie diverse experimentelle Untersuchungen zeigten. Zu den gewählten Bedingungen gehören u. a. drei verschiedene elektrische Gasentladungsexperimente von Miller und Urey,<sup>10</sup> die Eisen-Schwefel-Welt von Wächtershäuser und Huber<sup>11</sup> (hydrothermale Tiefseeschlote), Oligomerisierungen von Blausäure und Formamid<sup>12</sup> sowie der cyanosulfidische Protometabolismus von Sutherland (Abbildung 5).<sup>13</sup>

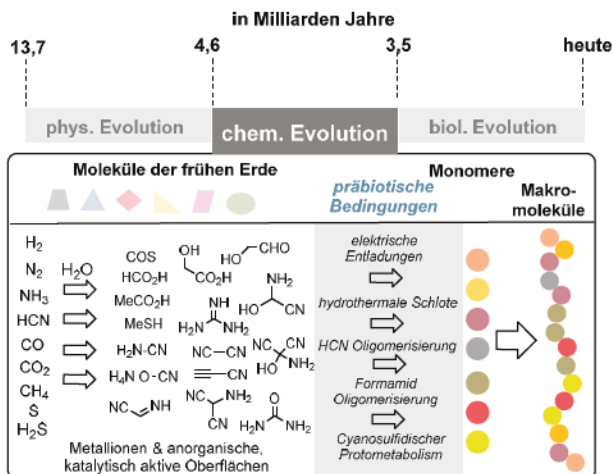


Abb. 5. Übersicht über die evolutiven Zeitspannen und Zusammenfassung der chemischen präbiotischen Bildungsszenarien von Aminosäuren und Peptiden aus präbiotisch gebildeten kleinen Molekülen. Die Liste der privilegierten Bausteine ist nicht vollständig; es fehlen z. B. Nukleotide, Lipide, höhere Zucker (C3, C4) und Zuckersäuren (Glycerat, Pyruvat).



Bis dato spielten Coenzyme und Cofaktoren bei der Entwicklung eines hypothetischen präbiotischen Protometabolismus nur eine untergeordnete Rolle. Zwar mutmaßte White III<sup>14</sup> bereits 1976, dass die ursprünglichen "Enzyme" Nukleinsäuren waren und dass Coenzyme und Cofaktoren Überbleibsel dieses Systems sind. Ihre Entwicklung endete schließlich auf der Stufe proteinbasierter Enzyme und in dieser Funktion verharren sie überwiegend bis heute. Indizien hierfür sind strukturelle Ähnlichkeiten von vielen Coenzymen mit Nukleinsäurebausteinen. Es wurde schon von White III spekuliert, dass Cofaktor-Bindungsstellen sich aus den generischen Nukleotid-Bindungseigenschaften alter Proteine weiter entwickelt haben könnten. Im Rahmen dieser Hypothesen könnten RNA-abgeleitete Coenzyme und Cofaktoren in einer präbiotischen RNA-Welt als Teil von RNA-Enzymen existiert haben (Abbildung 6).

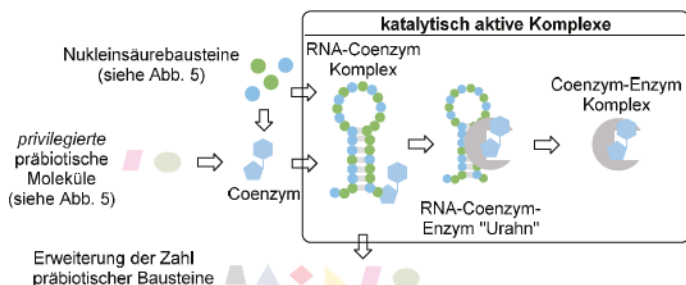


Abb. 6. Coenzyme und Cofaktoren erweitern die katalytischen Fähigkeiten der RNA?

Dieser Hypothese folgend wurden die frühesten Biomoleküle demnach nicht nur durch autokatalytische Wege und Zyklen reproduziert, sondern dass sie selbst autokatalytische Eigenschaften besaßen. In der Tat wurden diverse Studien zur präbiotischen Erzeugung von Coenzymen oder Coenzym-ähnlichen Molekülen beschrieben, im vorliegenden Bericht exemplarisch für die Nicotinamide (NAD) dokumentiert. Erste Versuche, die Pyridin-Einheit in NAD unter mutmaßlich präbiotischen Bedingungen herzustellen, wurden von Orgel et al. unternommen. Die Gruppe zeigte, dass Propiolonitril, Propionaldehyd und Ammoniak Nicotinamid liefern (Abbildung 7).<sup>15</sup> Kim und Benner kombinierten schließlich die Ergebnisse von Orgel und Eschenmoser, indem sie Nicotinamid mit dem 1,2-cyclischen Phosphat der Ribose unter präbiotisch plausiblen Bedingungen umsetzten und das Nicotinamid-Nukleotid erhielten.<sup>16</sup>

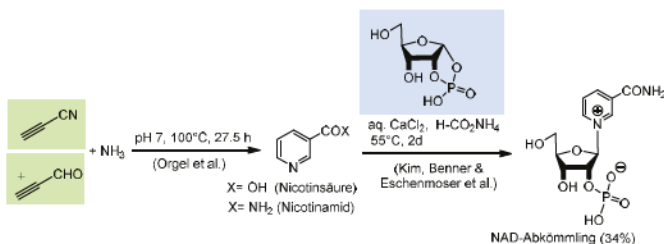


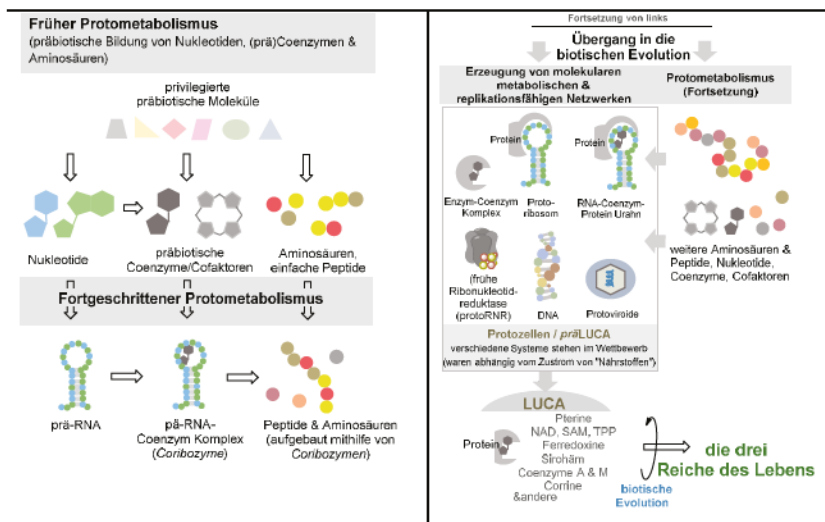
Abb. 7. Coenzyme und Cofaktoren erweitern die katalytischen Fähigkeiten der RNA ?

Aus den vorangegangenen Kapiteln lässt sich schließen, dass Aminosäuren und ausgewählte Coenzyme oder einfachere Analoga bereits vor dem Auftreten der ersten Lebensformen vorhanden gewesen sein müssen. Diese dürften von Anbeginn an der molekularen und biologischen Evolution beteiligt gewesen sein und seitdem eine aktive Rolle gespielt haben.

Das "Henne-und-Ei"-Problem erscheint also in diesem sehr frühen Stadium der chemischen Evolution schon gelöst, da zu dieser Zeit noch keine zirkuläre Abhängigkeit zwischen beiden bestanden. Beide molekularen Einheiten konnten unabhängig voneinander unter präbiotischen Bedingungen gebildet werden. Das liegt wohl daran, dass sie das Ergebnis der inhärenten chemischen Reaktivität von Molekülen sind, die unter den geochemischen Bedingungen der frühen Erde vor etwa 4 Milliarden Jahren verfügbar waren.

### (a) Einbettung in das größere Bild der molekularen Evolution

Einer von mehreren möglichen geologischen Standorten, an denen ein fortgeschrittener Protometabolismus gedeihen hätte können, sind terrestrische hydrothermale Süßwasserfelder und Teiche.<sup>17</sup> Die Bedingungen in solchen Feldern sind hochdynamisch, da die Verdunstung bis zur Trockenheit entweder über lange Zeiträume oder mit hoher Frequenz durch nahe gelegene Geyre erfolgt. Sowohl die Konzentration der Lösungen, die vorzugsweise kleine Moleküle und Vorläufer für Nukleotide, Aminosäuren und (Prä-)Coenzyme/Cofaktoren enthalten,<sup>17</sup> als auch die Niederschläge auf anorganischen Oberflächen und ihre Rückverdünnung stellen einzigartige sich ändernde chemische Umgebungen dar, aus denen sich komplexere Peptide, Oligonukleotide und Coenzym/Cofaktor-RNA-Komplexe gebildet haben können. Es wurden bereits einige Beweise dafür gesammelt, dass solche *wet-dry-cycles* die Polymerisation von Mononukleotidgemischen vorantreiben und Polymere mit einer Länge von 10 bis >100 Nukleotiden liefern können.<sup>18</sup>



**Abb. 8. Links:** Vereinfachte graphische Darstellung der protometabolischen Evolution des Lebens, mit einfachen Bausteinen beginnend, weiter zu Schlüsselbausteinen des Stoffwechsels und schließlich zu Biomakromolekülen (prä-RNA, Peptide, RNA/Coenzym-Cofaktor-Komplexe). **Rechts:** Vereinfachte graphische Darstellung der Evolution von Protoviroiden, Protozellen und 19UC als frühe Formen des Lebens. Aufgrund ihrer Bedeutung für die Evolution von Makromolekülen ist die durch Cofaktoren vermittelte Transformation von RNA zu DNA gesondert erwähnt.





Sobald Nukleotide, Aminosäuren, kleine Peptide und Oligonukleotide sowie ausgewählte Coenzyme und Cofaktoren oder vereinfachte Analoga verfügbar wurden, nahmen sie aktiv am Übergang zur biotischen Evolution teil, in der der RNA (gemäß der RNA-Welthypothese) eine Schlüsselrolle zugewiesen wird (4, 8). Bemerkenswerterweise kann RNA mit einem virusähnlichen Zustand in Verbindung gebracht werden, und die Bildung von LUCA und modernen Zellen wird dann zu einem nachfolgenden Ereignis. Später in der Evolution könnten diese alten Viroide (Protoviroide) zu Parasiten geworden sein, und heute sind sie für ihre Replikation auf zelluläre Enzyme wie RNA-Polymerase, RNAaseH und RNA-Ligase angewiesen. LUCA selbst ist wahrscheinlich aus einer verwirrenden Vielfalt verschiedener prämetabolischer Formen von Protozellen entstanden. In dieser Übergangsphase zur biotischen Evolution muss es jedoch zu dramatischen molekularen Neuentwicklungen gekommen sein. Protoribosomen ermöglichten die kontrollierte Synthese von Peptiden, und aus diesen wurden Enzyme und Coenzym-Protein-Konjugate mit erweitertem katalytischem Potenzial gebildet. Die Coenzyme und Cofaktoren haben ihre makromolekulare Vorlage (von der RNA zum Protein) getauscht. Und irgendwann erschien dann die DNA auf der Bildfläche, für die das Erscheinen des Enzyms Ribonukleotid-Reduktase essentiell ist.

### (b) Fazit

Im Szenario der RNA-Welt waren Coenzyme und Cofaktoren eher Partner der RNA als Proteine, so sagt dieser naturgemäß spekulative Bericht aus. Erst später wurden daraus Enzym-Coenzym-Komplexe und erst die Entwicklung des biologischen Metabolismus generierte das zirkuläre Dilemma, das ja der Ausgangspunkt dieser Übersicht ist.

Dieser Bericht soll neue Ideen und Denkanstöße zum Ursprung des Lebens liefern, welcher eigentlich nicht entdeckt werden kann, sondern, wie Albert Eschenmoser herausstellte, neu gefunden werden muss.<sup>19</sup> Schließlich werden Coenzyme und Cofaktoren als vierter Schlüsselakteur in der molekularen Evolution des Stoffwechsels hoffentlich ein vermehrtes Interesse finden.

Der vorliegende Bericht fasst die Inhalte zweier umfangreicher Übersichten zusammen:

A. Kirschning, Coenzymes and their role in the evolution of Life, *Angew. Chem.* **2021**, 60, 6242–6269 und b) A. Kirschning, The coenzyme/protein pair: A neglected "chicken and egg" problem with significance for the origin of life, *Nat. Prod. Rep.* **2021**, DOI: 10.1039/d0np00037j.

### Literatur

1. Erste konzeptionelle Überlegungen zur präbiotischen Chemie wurden von a) A. I. Oparin und J. B. S. Haldane veröffentlicht: A. I. Oparin, *Proischozhenie Zhizni*, Moscovsky Robotschii, Moscow, **1924**; übersetzt von A. Sygne ins Englische in: J. D. Bernal, *The Origin of Life*, Weidenfeld & Nicolson, London, **1967**, S. 199–234; b) J. B. S. Haldane, *Ration. Annu.* **1929**, 148, 3, Neudruck in Bernal's Buch (Literatur 1a, S. 242–249).
2. Y. Pilpel, und O. Rechavi, *Biol. Direct* **2015**, 10, article number 34.
3. Das "Henne-und-Ei"-Problem wurde auch im Zusammenhang mit der Unterscheidung zwischen der Lamarck'schen und der Darwin'schen Evolution diskutiert. "Kann der Phänotyp den Genotyp beeinflussen" oder "kann sich die Epigenetik in Genetik übersetzen"? E. V. Koonin, und Y. I. Wolf, *Biology Direct* **2009**, 4, 42 doi:10.1186/1745-6150-4-42.
4. a) W. Gilbert, *Nature* **1986**, 319, 618; b) G. F. Joyce, *Nature* **2002**, 418, 214–221; c) L. E. Orgel, *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* **2004**, 39, 99–123.
5. K. Kruger, P.-J. Grabowski, A. J. Zaug, J. Sands, D. E. Gottschling, T. R. Cech, *Cell* **1982**, 31, 147–157.





6. J. Chela-Flores, *J. Theor. Biol.* **1994**, *166*, 163–166.
7. T. O. Diener, *Biol. Direct* **2016**, *11*, 15.
8. S. Poudel, E. C. Dunham, M. R. Lindsay, M. J. Amenabar, E. M. Fones, D. R. Colman, E. S. Boyd, *Front. Microbiol.* **2018**, *9*, article 1762.
9. M. C. Weiss, F. L. Sousa, N. Mrnjavac, S. Neukirchen, M. Roettger, S. Nelson-Sathi, W. F. Martin, *Nat. Microbiol.* **2016**, number 16116.
10. J. L. Bada, *Chem. Soc. Rev.* **2013**, *42*, 2186–2196.
11. a) E. Blöchl, M. Keller, G. Wächtershäuser, K. O. Stetter, *Proc. Nat. Acad. Sc. USA* 1992, *89*, 8117–8120; b) C. Huber, G. Wächtershäuser *Science* **2006**, *314*, 630–632;
12. a) J. Oró, A. P. Kimball, *Arch. Biochem. Biophys.* **1961**, *94*, 217–227; b) B. M. Bizzarri, L. Botta, M. I. Pérez-Valverde, R. Saladino, E. Di Mauro, J. M. García-Ruiz, *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 8126–8132.
13. a) J. D. Sutherland, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 104–121; b) C. Anastasi, F. F. Buchet, M. A. Crowe, A. L. Parkes, M. W. Powner, J. M. Smith, and J. D. Sutherland, *Chem. Biol. Div.* **2007**, *4*, 721–739.
14. H. B. White III, *J. Mol. Evol.* **1976**, *7*, 101–104.
15. a) M. J. Dowler, W. D. Fuller, L. E. Orgel, R. A. Sanchez, *Science* 1970, **169**, 1320–1321; b) N. Friedmann, S. L. Miller, R. A. Sanchez, *Science* **1971**, *171*, 1026–1027.
16. H. Kim, S. A. Benner, *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 581–584.
17. A. A. Sharov, *BioSystems* **2016**, *144*, 8–17.
18. J. H. Munson-McGee, C. Rooney, M. J. Young, *J. Virol.* **2020**, *94*, e01213-19.
19. Zitat: “The origin of Life cannot be discovered, it has to be reinvented” in A. Eschenmoser, *Tetrahedron* **2007**, *63*, 12821–12844.

## Ein vereinheitlichter nichtlinearer Ansatz zur Strukturanalyse von Balken- und Schalentragsystemen\*

CRISTIAN GUILLERMO GEBHARDT

Geophysical Institute und Bergen Offshore Wind Centre (BOW), University of Bergen, Allégaten 70, 5007 Bergen, Norwegen (ab dem 1. April 2021)

### 1. Motivation

Gegenwärtige und zukünftige dynamisch beanspruchte, schlanke Strukturen aus mehrschichtig verbundenen, hyperelastischen Werkstoffen, z.B. Windenergieanlagen und Hubschrauber, sind sehr komplex. Eine genaue Untersuchung im Zeitbereich erfordert den Einsatz von Methoden, die kinematische, geometrische sowie, bis zu einem gewissen Grad, materielle Nichtlinearitäten berücksichtigen. Daher können Simulationen mit Beachtung von großen Verschiebungen, Drehungen und Verzerrungen nötig sein, um das mechanische Verhalten akkurat vorherzusagen. Zunächst werden die Bewegungsgleichungen räumlich diskretisiert. Dann werden die zum Teil diskretisierten Gleichungen mittels eines Integrationsverfahrens zeitlich diskretisiert. Solche diskreten Gleichungen sind sehr steif, sodass sich die Berechnung der langzeitigen Lösung erschwert. Darüber hinaus ist oft die Einführung von Nebenbedingungen nötig, um komplexere Strukturen aufstellen zu können, wodurch die Komplexität erhöht wird und unerwünschte Eigenschaften noch verschärft werden. Um Robustheit zu gewinnen, sollen Berechnungsverfahren hergeleitet werden, die die zugrunde liegende Physik in gewissem Maße erhalten und gleichzeitig den hochfrequenten Anteil der Lösung unterdrücken können. Die Erfüllung dieser Anforderungen stellt sich als sehr herausfordernd heraus.

Bezüglich der Abbildung des nichtlinearen materiellen Verhaltens bei schlanken Tragwerken stellt die datengetriebene Strukturanalyse ein neues Rechnungsparadigma dar, welches auf der Umformulierung des klassischen Randwertproblems im Rahmen der Strukturanalyse basiert, d.h. es handelt sich um eine Erweiterung bzw. eine Fortsetzung der Methoden, die zum Teil in dem ersten Absatz des vorliegenden Abschnittes eingeführt wurden. In diesem Zusammenhang werden phänomenologische konstitutive Stoffgesetze durch materielle Daten aus Experimenten im Labor ersetzt. In der Regel wird solche Information in der Form von Verformung-Spannung-Sätzen zur Verfügung gestellt, d.h. es geht um eine diskrete Darstellung im Phasenraum. Damit ist zu erwarten, dass sowohl die Fehler als auch die Ungenauigkeiten infolge der phänomenologischen Materialmodellierung vollständig eliminiert werden. Des Weiteren soll es damit gelingen, die sehr reiche Menge an Messdaten in einem Ganzen auszunutzen. In der gegenwärtigen Entwicklungsphase kann man grundsätzlich drei Ansätze unterscheiden: Ein *direkter* Ansatz, ein *inverser* Ansatz sowie ein *hybrider* Ansatz. Darüber hinaus existieren noch weitere, nicht in diese Klassifizierung passende Ansätze, die im Folgenden jedoch nicht weiter behandelt werden. Gleichzeitig entstehen neue Fehlerquellen daraus, die inhärent zu den Messungen sind, z.B. Verbreitung von Fehlern über die Messkette, Einschränkung der ausgewählten Messtechnik usw. In der Tat gibt es bisher kein Konsens in Bezug auf die Relevanz bzw. das Ausmaß der Einwirkung bei neuen Fehlerquellen gegenüber den vorhandenen Fehlerquellen bei herkömmlichen Berechnungsmethoden. Daher ist weitere Forschung in diese Richtung erforderlich.

---

\*Der Vortrag wurde am 26. Juni 2020 vor der Klassensitzung Ingenieurwissenschaft der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.



## 2. Mechanisches Rahmenwerk

Aus dem Sichtpunkt der Modellbildung stützt sich die vorliegende Arbeit auf zwei grundlegende Strukturmodelle, den geometrisch exakten Balken<sup>†</sup> (Gebhardt et al. 2019a sowie Gebhardt et al. 2019b) und die Kontinuumsmechanik-basierte Schale (Gebhardt und Rolfes 2017 sowie Gebhardt et al. 2019a). Zusätzlich soll der Starrkörper nicht ausgelassen werden, da ein solches Modell sehr reich an kinematischen Konzepten ist (Gebhardt et al. 2019a). Obwohl die Modellbildung dieser drei Idealisierungen ein klassisches Thema ist, ist eine vereinheitlichte Behandlung bzw. eine konsistente Kombination innerhalb eines einzigen Rahmenwerkes alles anders als eine triviale Aufgabe, da sehr unterschiedliche kinematische Beschreibungen gleichzeitig zu betrachten sind. Sowohl für den Starrkörper als auch für den geometrisch exakten Balken wird die Ausrichtung im Umgebungsraum mit Hilfe der Lieschen Gruppe

$$SO(3) := \{R \in \mathbb{R}^{3 \times 3} | R^T R = I, \det(R) = 1\}$$

beschrieben, wobei der Rotationstensor als  $R$  gekennzeichnet ist. Im Gegensatz dazu erfordert die kinematische Beschreibung der Kontinuumsmechanik-basierte Schale, die 2-Sphäre zu berücksichtigen, nämlich

$$S^2 := \{d \in \mathbb{R}^3 | d \cdot d = 1\},$$

wobei der Direktor als  $d$  gekennzeichnet ist. Diese glatte Mannigfaltigkeit verfügt über keine weitere algebraische Struktur, wie z.B. die Gruppenstruktur. Dies bedeutet, dass unterschiedliche partikuläre Behandlungen erforderlich sind. Durch die kinematischen Ähnlichkeiten kann eine systematische Beschreibung des Starrkörpers und des geometrisch exakten Balkens erfolgen. Allerdings erfordert eine Kombination solcher Modelle mit dem Schalenmodell eine maßgeschneiderte Strategie (Gebhardt et al. 2019a).

Gegeben sei ein mechanisches System mit dem Konfigurationsvektorfeld  $x(t) \in X \subseteq \mathbb{R}^3$ , dem Geschwindigkeitsvektorfeld  $v(t) \in V \subseteq \mathbb{R}^3$ , der zeitunabhängigen integrierbaren Zwangsbedingung  $h(x) = 0 \in \mathbb{R}^n$  und ihrer Jacobi-Matrix  $H(x) \in L(\mathbb{R}^n, X)$ . Das dynamische Verhalten des Systems lässt sich zum Zeitpunkt  $t \in T \subseteq \mathbb{R}_{\geq 0}$  durch

$$\int_{\mathcal{B}_0} (\langle \delta v, \pi(v) - p(\dot{x}) \rangle + \langle \delta x, \dot{\pi}(v) + f(x) + H(x)^T \lambda \rangle + \langle \delta \lambda, h(x) \rangle) d\mathcal{B}_0 = 0$$

beschreiben, wobei das Integral über den Referenzbereich  $\mathcal{B}_0$  berechnet wird und alle zulässigen Konfigurationen durch die glatte reguläre Bewegung  $\varphi_t \circ \varphi_0^{-1}: \mathcal{B}_0 \mapsto \mathcal{B}_t$  bestimmt werden. Das duale Produkt ist durch  $\langle \cdot, \cdot \rangle$  angegeben und  $\pi(v)$  bzw.  $p(v)$  stellt den Geschwindigkeit-basierten Impuls bzw. den Konfiguration-basierten Impuls dar. Des Weiteren steht  $f(x)$  für die Summe der inneren und äußeren Kraftfelder,  $\lambda: \mathcal{B}_0 \times T \rightarrow \mathbb{R}^n$  repräsentiert die Lagrange-Multiplikatoren und  $\delta(\cdot)$  stellt eine zulässige Variation eines gegebenen Felds dar. Diese Beschreibung ermöglicht die unmittelbare Einführung von Dissipationsfunktionen sowie nicht-integrierbaren Einschränkungen, welche sich auf Geschwindigkeitsebene auf eine sehr natürliche Art und Weise formulieren lassen, aber nicht auf Impulsebene, wie bei anderen klassischen Formulierungen, z.B. den auf dem Konfiguration-Impuls basierenden Formulierungen. Für den

<sup>†</sup>Vorwölbung infolge der Verdrehung bzw. der Schubverformung des Querschnittes wird hier nicht berücksichtigt (Gebhardt et al. 2018).



allgemeinen nicht-konservativen Fall können die resultierenden Gleichungen auf die nicht-variationellen Lagrange-D'Alembert-Gleichungen zurückgeführt werden (Gebhardt und Romero 2020d). Für den konservativen Fall können die resultierenden Gleichungen auf die vollständig variationellen Euler-Lagrange-Gleichungen zurückgeführt werden. Aufgrund der allgemeinen Anwendbarkeit wurde dieses mechanische Rahmenwerk gewählt. Diese Formulierung kann jeweils für unterschiedliche Idealisierungen spezialisiert werden, z.B. für den Starrkörper (siehe Abb. 1), für den geometrisch exakten Balken (siehe Abb. 2) sowie für die Kontinuumsmechanik-basierte Schale (siehe Abb. 3). Nach der Wahl von geeigneten Verformungsmaßen bzw. Verformungsraten ist die Erhaltung des Impulses und des Dralles genau gewährleistet. Für den exakten konservativen Fall wird ebenfalls die Zeit-Invarianz durch die Erhaltung der Energie nachgewiesen.

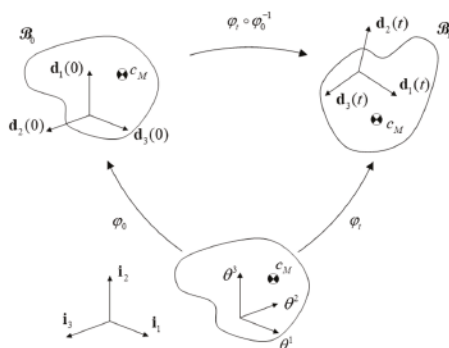


Abb. 1. Das Starrkörpermodell

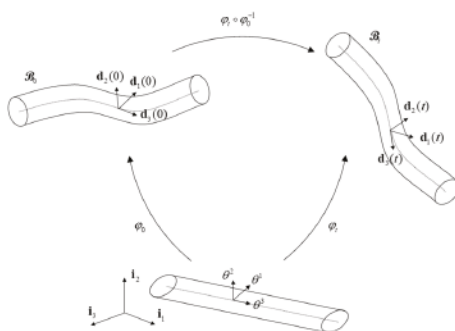


Abb. 2. Das geometrisch exakte Balkenmodell

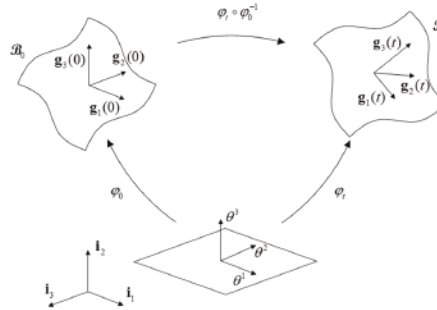


Abb. 3. Das Kontinuumsmechanik-basierte Schalenmodell

### 3. Robuste Zeitintegration

Bei der dynamischen Analyse nichtlinearer schlanker Tragwerke tritt typischerweise der Bedarf an konservativen bzw. dissipativen Zeitintegrationsschemata zur Lösung der Bewegungsgleichungen auf. In diesem Zusammenhang wird eine neuartige Methodenklasse, die konstruktionsbedingt Schemata mit den gewünschten Erhaltungs- und Dissipationseigenschaften liefert, vorgeschlagen. Diese Methodenklasse diskretisiert zeitlich die Bewegungsgleichungen, fügt einige Störungen hinzu, die sich auf die primalen Variablen beziehen, und lässt sich als eine Kollektion linearer quadratischer zusätzlicher Optimierungsprobleme beschreiben, deren Lösungen die erwünschten Erhaltungs- und Dissipationseigenschaften gewährleisten. Diese Art von Optimierungsproblemen ist analytisch lösbar und ist daher aus rechnerischer Sicht sehr attraktiv. Eine mögliche Interpretation ist, dass dies zu konservativen und/oder dissipativen Methoden führt, bei denen die geometrischen Argumente, die typischerweise für ihren Entwurf verwendet werden, durch lokale Optimalitätsbedingungen ersetzt wurden (Gebhardt et al. 2020a).

Das diskrete Integrationschema zum mittleren Zeitpunkt lautet dann

$$\begin{aligned} & \langle \delta s_{n+\frac{1}{2}}, \pi_d(s_n, s_{n+1}) - p_d(q_n, q_{n+1}) \rangle \\ & + \langle \delta q_{n+\frac{1}{2}}, \tilde{\pi}_d(s_n, s_{n+1}) + f_d(q_n, q_{n+1}) + H_d(q_n, q_{n+1})^T \lambda_{n+\frac{1}{2}} \rangle \\ & + \langle \delta \lambda_{n+1}, h(q_{n+1}) \rangle = 0 \end{aligned}$$

wobei  $(q, s)$  den diskreten Zustand des Systems beschreibt, d.h. verallgemeinerte Lage und Geschwindigkeit, und der Unterindex  $d$  für „diskret“ steht. Der Unterindex  $n$  referenziert zum vorherigen Zeitpunkt, zu welchem die Lösung bekannt ist, und der Unterindex  $n+1$  referenziert zum nächsten Zeitpunkt, zu welchem die Lösung zu finden ist. Durch die in den neuen Methoden vorgeschlagenen Störungen zu den Gliedern  $\pi_d(s_n, s_{n+1})$  und  $f_d(q_n, q_{n+1})$  sollen einige der unerwünschten Effekte korrigiert werden, die sich aus der direkten Diskretisierung der maßgeblichen Gleichungen ergeben. Aus einem geometrischen Sichtpunkt besteht die Idee darin, das Problem so umzugestalten, dass das Verhalten des Systems auf der diskreten beschränkten Teilmannigfaltigkeit unverändert bleibt, aber diese als Attraktor für Trajektorien außerhalb invarianter Teilmannigfaltigkeit einwirken soll. Da die eingeschränkten Optimierungsprobleme in geschlossener Form gelöst werden können, können korrigierte Formeln für





die algorithmischen Kraftgrößen sowie für die verallgemeinerten Geschwindigkeiten bereitgestellt und somit unmittelbar in vorhandene Simulationscodes aufgenommen werden. Explizite Formeln zu den Gliedern  $\pi_d(s_n, s_{n+1})$  und  $f_d(q_n, q_{n+1})$  sind

$$s_d(s_n, s_{n+1}) = \left(1 + \frac{D_s(s_n, s_{n+1})}{T(s_{n+1}) - T(s_n)}\right) \left(\frac{s_n + s_{n+1}}{2}\right),$$

und

$$f_d(q_n, q_{n+1}) = \frac{f(q_n) + f(q_{n+1})}{2} + \frac{C(q_n, q_{n+1}) + D_f(q_n, q_{n+1})}{(f(q_{n+1}) - f(q_n), q_{n+1} - q_n)} (f(q_{n+1}) - f(q_n)).$$

Sowohl die kinetische Energie  $T$  als auch die potentielle Energie  $V$  zu den Zeitpunkten  $n$  und  $n + 1$  sollen ermittelt werden. Des Weiteren müssen die Konservationsfunktion  $C(q_n, q_{n+1})$  (Funktion der potentiellen Energie) sowie die Dissipationsfunktionen  $D_f(q_n, q_{n+1})$  und  $D_s(s_n, s_{n+1})$  so gewählt werden, dass die thermomechanische Konsistenz unbedingt gewährleistet wird.

Um die exzellenten Eigenschaften bei der Kurzzeit-Dynamik des hier angewandten Integrationsverfahrens nachzuweisen, werden Ergebnisse für ein fliegendes Lineal in Abb. 4 (oben) dargestellt. Die geometrischen und materiellen Eigenschaften sind die folgenden: Länge 0,3 m, Breite 0,06 m, Dicke 0,002 m, erster Lamé-Parameter 0,0 Pa, zweiter Lamé-Parameter 103,0 GPa und Massendichte pro Volumeneinheit 7.300 kg/m<sup>3</sup>. Für das Stoffgesetz wird das neo-Hooke'sche hyperelastische Modell angenommen. Dissipative Schemata wären von geringem Interesse, wenn die Energiedissipation nicht hauptsächlich im Hochfrequenzbereich stattfinden würde. Es ist wohl bekannt, dass die Dissipation der hohen Frequenzen zu einer verbesserten Stabilität für die Integration steifer Differentialgleichungen zuführt. Es kann daher gesagt werden, dass die einzigen nützlichen dissipativen Schemata diejenigen sind, die den Hochfrequenzanteil der dynamischen Antwort unterdrücken können, ohne den Niederfrequenzanteil der dynamischen Antwort radikal zu verändern.

Abb. 4 (unten) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt das Amplitudenspektrum basierend auf der schnellen Fourier-Transformation der kinetischen und potentiellen Energien sowohl für den konservativen als auch für den dissipativen Fall im Zeitbereich von 0,06 s bis 0,1 s, sodass der direkte Einfluss des anfänglichen Übergangs vermieden wird. Dies entspricht dem Frequenzbereich 100–2000 Hz und dem Energiebereich 0–20 J. Für den dissipativen Fall wird ein homogener Dissipationsbeiwert 0,5 sowohl für die algorithmische Geschwindigkeit als auch für die algorithmische Kraft eingesetzt. Es ist klar ersichtlich, dass der dissipative Algorithmus über 600 Hz hinaus sehr effektiv ist. Bis zu 600 Hz ähnelt das Verhalten für die konservativen und dissipativen. Es kann daher behauptet werden, dass das vorgeschlagene Schema sehr vielversprechende Dissipationseigenschaften aufweist.

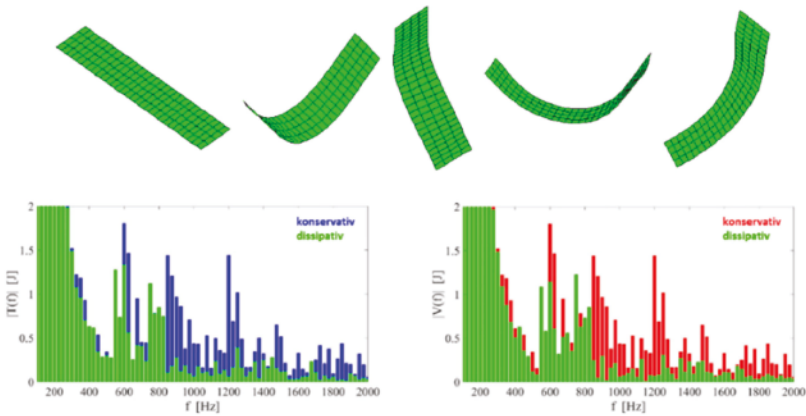


Abb. 4. Effektivität des dissipativen Schemas – kinetische Energie (links) und potentielle Energie (rechts).

Um die exzellenten Eigenschaften bei der Langzeit-Dynamik des hier angewandten Integrationsverfahrens nachzuweisen, werden in mehrere Poincaré-Abbildungen eines Doppelpendels unter dem Einfluss der Schwerkraft bei unterschiedlichen Anfangsbedingungen dargestellt. Die zwei konzentrierten Massen betragen jede 1 kg, die zwei masselosen Stangen sind 1 m lang und die Beschleunigung infolge der Schwerkraft beträgt  $9,82 \text{ m/s}^2$ . Die Simulationszeit ist 75.000 s und ein Zeitschritt von 0,05 s wird angenommen. Um eine pseudo-periodische Bewegung zu erzeugen, wird der Winkel der oberen Stange als 0,826735 rad berücksichtigt. Mittlerweile werden die restlichen Anfangswerte gleich null angenommen. Im Gegensatz wird der Wert 1,25664 rad für die obere Stange betrachtet, um eine chaotische Bewegung zu erzeugen. Zur richtigen Erfassung der nichtlinearen Dynamik ist die exakte Erhaltung der Energie erforderlich, da eine tatsächliche konstante Energie die Reduktion von vier abhängigen Zustandsvariablen auf drei unabhängige Zustandsvariable ermöglicht. Letztlich werden die sogenannten Poincaré-Schnitte durch die Fixierung einer der drei übrigen unabhängigen Zustandsvariablen vollständig definiert. Nun sollen die Schnittmenge-Stellen identifiziert werden, an die die Trajektorien des Systems einen oder anderen Poincaré-Schnitt treffen. Grob gesagt, wird es sich um eine periodische Bewegung handeln, wenn sich die Schnittmenge-Stellen durch eine endliche Anzahl von Punkten beschreiben lassen. Bei pseudo-periodischen Bewegungen werden sich die Schnittmenge-Stellen als kontinuierliche Kurven zeigen. Im Falle einer chaotischen Bewegung werden die Schnittmenge-Stellen als eine Streuung von Punkten innerhalb eines wohl-definierten Bereiches in Erscheinung treten. In Abb. 5 ist sofort identifizierbar, dass es sich um pseudo-periodische und chaotische Bewegungen handelt.

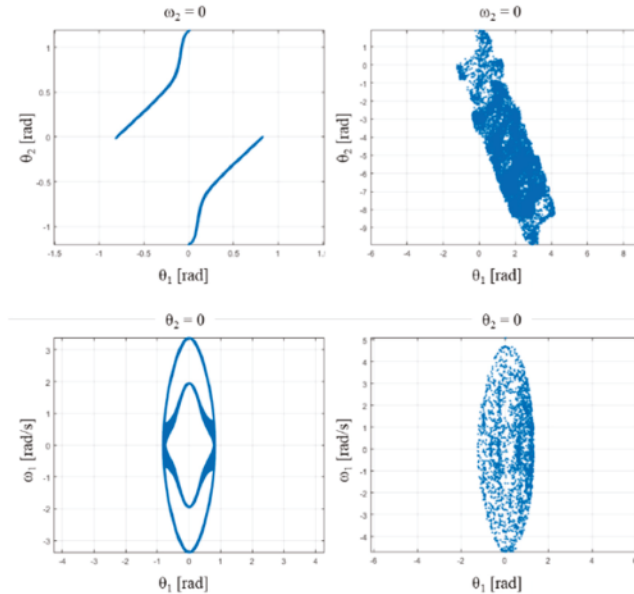


Abb. 5. Poincaré-Abbildungen für das Doppelpendel bei unterschiedlichen Anfangsbedingungen - pseudo-periodische Bewegung (links) und chaotische Bewegung (rechts).

#### 4. Datengetriebene Strukturanalyse

Der *direkte* Ansatz, der *inverse* Ansatz sowie der *hybride* Ansatz zu datengetriebener Strukturanalyse werden nachfolgend kurz beschrieben (Gebhardt et al. 2020b sowie Gebhardt et al. 2020c). Des Weiteren wird durch ein eindimensionales Beispiel gezeigt, wie sich der zugrundeliegende Rechengang beim *direkten* Ansatz ausführen lässt. Es wird ebenfalls klargestellt, welche wichtige Aspekte sorgfältig betrachtet werden sollen. Endlich wird mit Hilfe des *hybriden* Ansatzes gezeigt, wie ein komplizierteres Problem erforscht werden kann.

**Direkter Ansatz:** Die erste Methodenklasse folgt einem *direkten* datengetriebenen Ansatz. Darin wird es angestrebt, jedem Materialpunkt einen Punkt im Phasenraum zuzuweisen, wobei der Phasenraum ein Raum mit einer geraden Anzahl von Dimensionen ist. Daher ist eine Trennung in zwei gleichgroße Koordinatensätze, nämlich die Komponenten des zweifach-kontravarianten Verzerrungstensors und die Komponenten des zweifach-kovarianten Spannungstensors, möglich. Diese Zuweisung soll die Kompatibilitätsbedingungen und das Gleichgewicht erfüllen und zusätzlich eine Art abstrakter Distanz zu den Messdaten minimieren. Die entsprechende Formulierung zu dieser Aufgabe hat die Form eines diskret-kontinuierlichen Optimierungsproblems, welches die Distanz im Phasenraum zwischen den Messdaten und den zulässigen Verzerrungs- und Spannungsfeldern minimiert. Die zurzeit angewandten Methoden, die auf dem diskret-kontinuierlichen Optimierungsproblem basieren, sind infolge ihrer NP-Härter sehr zeitaufwendig und infolge ihrer Empfindlichkeit zur Datenunschärfe von mangelhafter Robustheit.

**Inverser Ansatz:** Die zweite Methodenklasse folgt einem *inversen* datengetriebenen Ansatz. Damit wird es angestrebt, ein lokales bzw. globales konstitutives Stoffgesetz mit Hilfe des



Mannigfaltigkeitslernens zu rekonstruieren. Im Falle der perfekten Elastizität ist das Ziel, eine Approximation für das Funktional der Energiedichte aus den Messdaten zu identifizieren, welche die erste bzw. zweite Ableitung den Spannungstensor bzw. die elastische Tangente bestimmt. Diese Vorgehensweise versucht immer, das lokale lineare Verhalten abzubilden. Falls dies nicht zu einer konvergenten Lösung führt, wird nach der Schnittmenge zwischen dem konstitutiven Stoffgesetz und der Gleichgewichtsmannigfaltigkeit gesucht. Obwohl dieser Ansatz viele Vorteile aufweist, wie z.B. die Gewährleistung der thermomechanischen Konsistenz und die Möglichkeit zur nicht-intrusiven Umsetzung, ist er auch mit einigen Nachteilen behaftet, so wird beispielsweise die Existenz einer funktionalen Struktur der Energiedichte vorausgesetzt, welche zu expliziten Definitionen der Spannung eingeschränkt wird,

**Hybrider Ansatz:** Die dritte Methodenklasse folgt einem hybriden datengetriebenen Ansatz, welcher auf einem approximierenden glatten Optimierungsproblem basiert. Dies kombiniert mehrere Stärken der *direkten* und *inversen* Ansätze und eliminiert gleichzeitig mehrere ihrer Schwächen. Auf der einen Seite erhöht er deutlich die Recheneffizienz und die Robustheit verglichen mit dem diskret-kontinuierlichen Optimierungsansatz der ersten Methodenklasse. Im Besonderen kann der approximierende nichtlineare Ansatz durch Sequentielle Quadratische Programmierung lokalweise gelöst werden, womit der Bedarf an exotischen und unzuverlässigen meta-heuristischen Methoden vermieden wird. Es ist wohl bekannt, dass die auf Gradienten basierenden Methoden sehr reif sind und über sehr solide mathematische Grundlagen verfügen. Auf der anderen Seite spielt die Existenz einer funktionalen Struktur wie die Energiedichte keine Rolle, diese ist sogar völlig unnötig. Zusätzlich zu diesen Vorteilen ist die Einführung von kinematischen Nebenbedingungen sowie die Abbildung von implizit-definierten Verformungs-Spannungs-Zusammenhängen direkt und unkompliziert. Dies erweitert den Anwendungsbereich des Materialverhaltens, das adressiert werden kann, und kann auch als Überbrückung zu den wahren modellfreien datengetriebenen Methoden berücksichtigt werden.

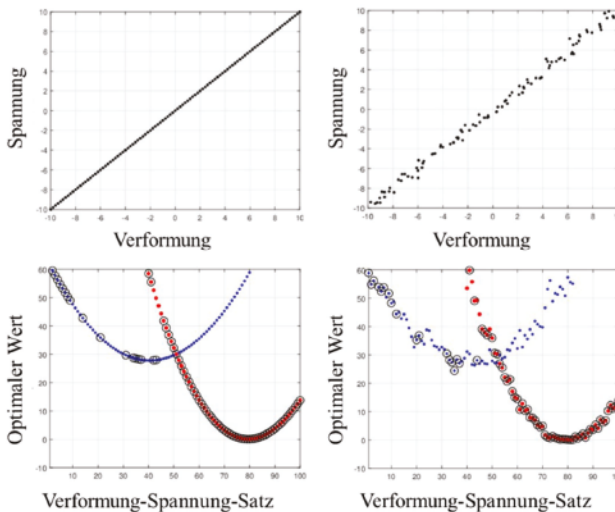


Abb. 6. Einzelner datengetriebener Dehnstab - künstlich gesampelte Materialdaten (links) und künstlich gesampelte Materialdaten mit 10% Rauschen (rechts).



Abb. 6 zeigt für einen einzelnen datengetriebenen Dehnstab, welcher an einem Ende fest gelagert ist und am verschieblichen Ende durch eine konzentrierte Last herausgezogen wird, wie der *direkte* Ansatz funktioniert. Zu diesem Zweck wird ein lineares Materialgesetz betrachtet. Oben auf der linken Seite sind künstliche gesampelte Materialdaten zu finden. Daneben sind die gleichen Materialdaten mit einem Rauschen von 10 % zu finden. Für jeden festen Verformung-Spannung-Satz wird ein kontinuierliches nichtlineares Optimierungsproblem lokalerweise mit Hilfe der Sequentiellen Quadratischen Programmierung gelöst, d.h. Anwendung des Newton-Raphson-Verfahrens mit Vollschrift über die Optimalitätsbedingungen erster Ordnung. Unten werden die entsprechenden optimalen Werte der Zielfunktion für die zwei Fälle skizziert. Mit schwarzen Kreisen werden die Lösungen gezeigt, die vom Nullzustand initialisiert wurden. Mit blauen Punkten werden die Lösungen gezeigt, die mit Warmstart aufsteigender Ordnung initialisiert wurden, nämlich vom Verformung-Spannung-Satz Nummer 1 bis Nummer 101. Mit roten Punkten werden die Lösungen gezeigt, die mit Warmstart absteigender Ordnung initialisiert wurden, nämlich vom Verformung-Spannung-Satz Nummer 101 bis Nummer 1. Die warm initialisierten Simulationen erweisen deutlich die Existenz von zwei Minimierern der Distanz, einem lokalen (blaue Punkte) und einem globalen (rote Punkte). Im Gegensatz konvergieren die kalt gestarteten Simulationen nicht immer zu einem Minimierer. Darüber hinaus konvergieren diese manchmal zu einem lokalen Minimierer und manchmal zu einem globalen Minimierer. Dieses stark vereinfachte Beispiel bestätigt die Schwierigkeiten bei der Lösung des exakten diskret-kontinuierlichen nichtlinearen Optimierungsproblem mit unverarbeiteten Materialdaten und die Notwendigkeit robuster Berechnungsverfahren für datengetriebenes Rechnen. Insbesondere lässt sich durch die Hinzufügung von Rauschen veranschaulichen, wie die Unschärfe der Materialdaten das Problem erschwert.

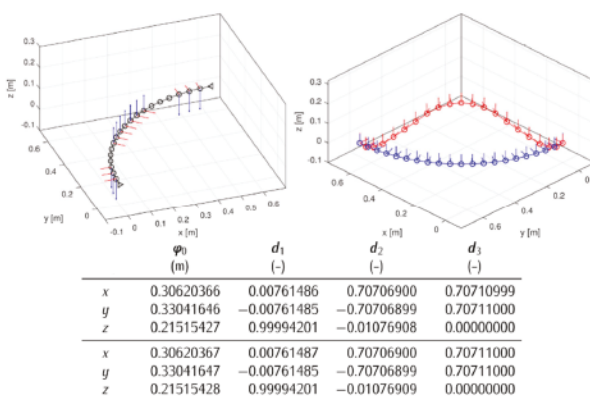


Abb. 7. Datengetriebene Balkenstruktur (oben) - Geometriedefinition, Randbedingungen und Belastung (links) und originale und verformte Konfigurationen (rechts). Verifikation gegenüber Standard-FEM (unten) am Zentralknoten - Die ersten drei Zeilen entsprechen der Standard-FEM und die letzten drei Zeilen entsprechen dem hybriden Ansatz.

Abb. 7 fasst die Verifikation des *hybriden* Ansatzes am Beispiel einer einfachen Balkenstruktur zusammen. Die Struktur ist ein Viertel eines Kreisbogens, der an beiden Enden fest eingespannt ist, siehe oben links. Die Länge des Kreisbogens ist 1 m, welche zu einem Halbdurchmesser von  $0,5\pi$  m korrespondiert und in 20 Elemente diskretisiert wurde. An den Knoten 2-4 werden





konzentrierte Lasten von  $(-10; 0; -20)$  N aufgebracht. Die Knoten 8-14 werden durch konzentrierte Lasten von  $(7,5; -7,5; 15)$  N belastet. An den Knoten 18-20 werden konzentrierte Lasten von  $(0; 10; -20)$  N aufgebracht. Zu Vergleichszwecken wurde das einfachste lineare Stoffgesetz betrachtet, d.h.  $g(e, s)_j^i = \hat{a}_{jl}^{ikl} e_{kl} + \hat{\alpha}_{jkl}^i s^{kl} = 0$ , wobei  $e$  bzw.  $s$  für den Verformungs- bzw. Spannungstensor steht und  $\hat{a}_{jl}^{ikl}$  sowie  $\hat{\alpha}_{jkl}^i$  anpassbare Koeffizienten sind. Damit wird gezeigt, dass der *hybride* Ansatz zu der erwarteten Lösung konvergiert. Die Referenzlösung wird mit der Standard-FEM berechnet. Oben rechts sind die originale Konfiguration sowie die verformte Konfiguration zu finden, wobei die geometrischen Nichtlinearitäten beim verformten Zustand erkennbar sind. Unten werden die Ergebnisse an den Zentralknoten der Struktur tabellarisch dargestellt. Sowohl die Lage als auch die Direktoren sind bei den zwei Methoden praktisch identisch und beide Methoden brauchten fünf Iterationen, um eine relative Fehlertoleranz von  $10^{-12}$  zu erreichen.

## 5. Abschluss

In diesem Beitrag wurde die nichtlineare Strukturanalyse von Balken- und Schalentragwerken thematisiert. Durch eine auf Direktoren basierende Formulierung wurde ein vereinheitlichter nichtlinearer Ansatz vorgeschlagen, welcher zu einer reibungslosen Zusammenführung von Starrkörpern, Balken und Schalen ermöglicht hat. Diese Formulierung wurde erweitert in Richtung der strukturerhaltenden Zeitintegration, welche durch exzellente numerische und physikalische Eigenschaften geprägt ist. Zum Schluss wurde auch in diesem Zusammenhang das neue Rechenparadigma zur datengetriebenen Strukturanalyse vorgestellt. Obwohl dies eine solide Basis darstellt, muss immer noch weitere Forschung vorangetrieben werden, um zu zeigen, wie diese neuartigen Methoden im Rahmen von praxisrelevanten Fällen, wie z.B. Flugzeuge, Windenergieanlagen und Brücken, vorteilhaft angewandt werden können.

## Literatur

- GEBHARDT, C.G., ROLFES, R. (2017): On the nonlinear dynamics of shell structures: combining a mixed finite element formulation and a robust integration scheme – *Thin-Walled Structures* **118**:56-72.
- GEBHARDT, C.G., MATUSEVICH, A.E., INAUDI, J.A. (2018): Coupled transverse and axial vibrations including warping effect in asymmetric short beams – *Journal of Engineering Mechanics* **144**:04018043.
- GEBHARDT, C.G., HOFMEISTER, B., HENTE, C., ROLFES, R. (2019a): Nonlinear dynamics of slender structures: a new object-oriented framework – *Computational Mechanics* **63**:219-252.
- GEBHARDT, C.G., STEINBACH, M.C., ROLFES, R. (2019b): Understanding the nonlinear dynamics of beam structures: a principal geodesic analysis approach – *Thin-Walled Structures* **140**:357-372.
- GEBHARDT, C.G., ROMERO, I., ROLFES, R. (2020a): A new conservative/dissipative time integration scheme for nonlinear mechanical systems – *Computational Mechanics* **65**:405-427.
- GEBHARDT, C.G., SCHILLINGER, D., STEINBACH, M.C., ROLFES, R. (2020b): A framework for data-driven structural analysis in general elasticity based on nonlinear optimization: the static case – *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* **365**:112993.
- GEBHARDT, C.G., STEINBACH, M.C., SCHILLINGER, D., ROLFES, R. (2020c): A framework for data-driven structural analysis in general elasticity based on nonlinear optimization: the dynamic case – *International Journal for Numerical Methods in Engineering* **121**:5447-5468.
- GEBHARDT, C.G., ROMERO, I. (2020d): The rotating rigid body model based on a non-twisting frame – *Journal of Nonlinear Science* **30**:3199-3233.



## Georg Simmel und seine Wiederentdeckung als Philosoph:

### Aktuelles aus der Forschung

NICOLE C. KARAFYLLIS

Seminar für Philosophie der TU Braunschweig, Bienroder Weg 80, D-38106 Braunschweig

E-Mail: n.karafyllis@tu-braunschweig.de

Georg Simmel – sein Name ist geläufig, seine Beinamen auch: „der Berliner“ mit Blick auf seinen Geburts- und Wirkungsort, „der Großstädter“ mit Blick auf seinen berühmtesten Essay „Die Großstädte und das Geistesleben“ (1903),<sup>1</sup> „der Essayist“ mit Blick auf Simmels Erfindung des philosophischen Feuilletons, dem u.a. Kurt Tucholsky nacheiferte;<sup>2</sup> „der ewige Privatdozent“ mit Blick auf Simmels späten Ruf an die Universität Straßburg 1914 sowie die Feststellung, dass es sich bei Simmel um einen der am meist plagiierten deutschen Autoren handelt. Schon mehrere Generationen wissen nicht mehr, wenn sie das Schlagwort von der „Tragödie der modernen Kultur“ im Munde führen, dass es sich dabei um einen berühmten Aufsatztitel Simmels handelte.<sup>3</sup> Die vormalige Geläufigkeit von Simmels Philosophie zeigt der Altersgenosse Edmund Husserl (1859-1938), dessen Spätwerk *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* (1936) kurz vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs dem einstigen Weggefährten im Titel Reverenz erwies. Denn die Verobjektivierung des Geistes und ihrer Ding-Kultur, die Versachlichung des Lebens, den Aufschwung der Technik und des Geldes von einem instrumentellen Mittel zu einem Endzweck hatte Simmel zuvor unter dem Titel „Die Krisis der Kultur“ (1916) angeprangert (in GSG 16, 37-53).<sup>4</sup> Die inhaltlichen Relationen zwischen Simmel und Husserl sind unterforscht, schlägt man heute beide doch sehr verschiedenen Richtungen zu: Simmel, wenn überhaupt, der Kulturphilosophie; Husserl fraglos der Phänomenologie. Vereint waren beide jedoch im Herausgeberkreis der damals wichtigsten deutschsprachigen Philosophie-Zeitschrift neben den *Kant-Studien*: dem *Logos. Internationale Zeitschrift für Philosophie der Kultur*. Hier wirkten auch der Soziologe Max Weber und der Kunsthistoriker Heinrich Wölfflin mit, die sich damals noch ohne Zögern unter dem transdisziplinären Dach einer Philosophie der Kultur (nicht etwa einer Kulturphilosophie) versammelten.<sup>5</sup>

Die o.g. Titulierungen Simmels bedeuten einen vielseitig interessierten Geist, aber erwecken bis heute den Eindruck mangelnder Profilierung. Dem wirkt sein anderer geläufiger Beiname entgegen: „Begründer der deutschen Soziologie“, so auch auf der Gedenktafel an seinem Wohnhaus in Berlin-Charlottenburg.<sup>6</sup> Simmel als Mitbegründer eines Faches steht dort im Gegensatz zur doppelten Bezeichnung „Philosoph und Soziologe“, in der sein Philosophendasein

<sup>1</sup> Im Zuge dessen auch die Zuschreibung eines Theoretikers „der Moderne“ (z.B. Frisby 1984).

<sup>2</sup> „Alle spätere philosophische Essayistik in Deutschland hat von ihm gelernt“ (Landmann in Simmel 1987, 8; entsprechend Lichtblau 2019, 34).

<sup>3</sup> Georg Simmel: „Der Begriff und die Tragödie der Kultur“, in GSG 14, 385-416 (als Teil der Aufsatzsammlung *Philosophische Kultur*, 1911).

<sup>4</sup> Die Georg Simmel Gesamtausgabe wird mit der Sigle GSG abgekürzt.

<sup>5</sup> In der NS-Zeit wurde der *Logos* aufgelöst und in eine *Zeitschrift für deutsche Kulturphilosophie* mit deutschnational-völkischer Ausrichtung transformiert. Die Herausgeberschaft übernahm der damalige Gießener (später Braunschweiger) Philosoph Hermann Glockner; vgl. dessen Editorial (Glockner 1935).

<sup>6</sup> Dieser problematische Titel erklärt sich aus zwei historischen Umständen: zum einen aus der Abgrenzung zur französischen Soziologie, die den mit Simmel gleichaltrigen Émile Durkheim als ihren Gründervater kennt; zum



zuerst genannt ist. Um diesen Primat des Denkens und wie sich die heutige Philosophie dazu verhält, wird es in meinem Vortrag gehen. Kurz gesagt: Sie verhält sich gar nicht, der Philosoph Simmel ist vergessen, von Ausnahmewerken wie der Habilitationsschrift von Köhnke (1996) oder der Studie von Schlitte (2012) abgesehen. Aber jüngst ändert sich dies infolge des Simmel-Gedenkjahres 2018 mit seinen Konferenzen, darunter eine große in Wuppertal, in deren Folge nun der Band *Der Philosoph Georg Simmel* erschienen ist (Hartung et al. 2020). In derselben Schmiede wird gerade das heiße Eisen eines Simmel-Handbuchs (Bohr et al. 2021) geformt; deshalb heiß, weil 2018 bereits ein soziologisches *Simmel-Handbuch* erschienen ist (Müller, Reitz 2018), mit dessen fachkonzentrierten Lemmata Philosophen aber zu wenig anfangen können. Simmels Denken multiperspektivisch zu verstehen ist die weitere Herausforderung. So erscheint zum Ende des Jahres, disziplinäre Klippen zu umschiffen suchend, ein Handbuch zu *Simmel Studies* (Fitz 2020).

2020 neu publiziert wurden Simmels *Kulturphilosophische Essays* (Simmel 2020, hg. von Gerald Hartung), eine Vorhut bildete 2015 die *Zeitschrift für Kulturphilosophie* mit einem Simmel-Themenheft als Doppelband. Diese Schlaglichter zu Neuerscheinungen mögen hier genügen, um Simmels Aktualität für die Philosophie zu belegen, womöglich sogar eine Simmel-Renaissance.<sup>7</sup> Denn endlich erscheint auch eine Kommentierung von Simmels viel zitierter, aber eher wenig gelesener *Philosophie des Geldes* (1900), und zwar in der philosophischen Reihe „Klassiker auslegen“ (Hartung, Steinbach 2020). Bei all der Wünschbarkeit einer Wiederentdeckung Simmels als Philosoph sehe ich mit einer gewissen Sorge, dass Simmel wie schon vor 100 Jahren als „Kulturphilosoph“ zementiert zu werden droht, obwohl er mehr und auch Tieferes zu bieten hat. Einen anderen als den disziplinären Weg, der stets an einem historischen Zustand der Disziplin ansetzen muss, geht Denis Thouard, der gerade das Buch *Les Enfants de Simmel* (Thouard 2021) ediert und Simmels breite Wirkung v.a. in Frankreich und Deutschland untersucht. Nicht Schüler, sondern Geisteskinder stehen im Mittelpunkt. Vor allem aber ist die 2015 abgeschlossene, 24-bändige Georg Simmel-Gesamtausgabe (GSG) zu erwähnen, die unter Federführung des Bielefelder Soziologen Otthein Rammstedt entstand, dem ersten Assistenten Niklas Luhmanns und Schülers von Gottfried Salomon(-Delatour), der wiederum Promovend Simmels in Straßburg war. Nun liegt das Simmelsche Werk erstmals geschlossen vor. Augenscheinlich entfällt nur ein geringer Teil auf die Kulturphilosophie. Zwei Bände machen schon Simmels erstes großes Werk *Einleitung in die Moralphilosophie* (1892/93) aus; der damals im Deutschen neue Begriff ist orientiert am englischen Ausdruck „moral science“ von John Stuart Mill statt „Ethik“. Für die angelsächsische Philosophie bleibt Simmel noch genauer zu entdecken.

Mein Vortrag argumentiert aus wissenschaftsphilosophischer Perspektive mit Blick auf das schwierige Verhältnis von Disziplinen- und Geistesgeschichte, und fordert eine Ergänzung durch die Biographiegeschichte, die auch die Schülerfrage neu stellt. Es geht also um Etiketten, Etikettenschwindel und klebrige Rückstände nach Entfernen des Etiketts, die zeigen, dass da mal etwas war, was nicht mehr ist. Denn die o.g. Inschrift „Philosoph und Soziologe“ (auf seiner Gedenktafel) wird gemeinhin so gelesen, dass der junge Simmel zunächst Philosoph war – da es das Fach Soziologie ja als solches Mitte des 19. Jahrhunderts noch nicht gab –, und dann zum Soziologen mutierte und als solcher starb. Dies impliziert den Rückschluss, dass wenn es die Soziologie im 19. Jh. schon gegeben hätte, er von Anfang an Soziologe gewesen wäre, also

anderen aus der Initiierung der *Deutschen Gesellschaft für Soziologie* 1909, bei der Simmel mit Max Weber und Ferdinand Tönnies als Gründungsmitglieder fungierte. Provokant gefragt: Gäbe es eigentlich einen Begründer der deutschen Philosophie und in welchem Jahrhundert wäre er anzusiedeln?

<sup>7</sup> Eine solche hatte bereits 1987 Klaus-Christian Köhnke in seinem Nachwort zur Neuedition des einst von Michael Landmann edierten Bandes *Das individuelle Gesetz* (Simmel 1987) ausgemacht.





ein geborener Soziologe. Diese retrospektive Naturalisierung der Forscherperson als vordatierter Fachvertreter, die wir z.B. auch bei der angeblichen „Politikwissenschaftlerin“ Hannah Arendt finden, ist logisch, historisch und auch biographisch falsch. Ich begründe dies mit einigen Schlaglichtern aus der Forschung, auch aus meiner eigenen. Dabei ist eine Passage aus Simmels Aufsatz „Brücke und Tür“ (1909) erkenntnisleitend:

„Indem wir aus der ungestörten Lagerung der natürlichen Dinge zwei herausgreifen, um sie als »getrennt« zu bezeichnen, haben wir sie schon in unserem Bewusstsein aufeinander bezogen, haben diese beiden gemeinsam gegen das Dazwischenliegende abgehoben. [...] [D]ie Dinge müssen erst außer einander sein, um miteinander zu sein.“

Praktisch wie logisch wäre es sinnlos, zu verbinden, was nicht getrennt war, ja, was nicht in irgendeinem Sinne auch getrennt bleibt.

Nach welcher Formel nun in den menschlichen Vornahmen beide Wirksamkeiten sich zusammenfinden, ob die Verbundenheit oder ob die Getrenntheit als das natürlich Gegebene empfunden wird, und das jeweilig andere als die uns gestellte Aufgabe – danach lässt sich all unser Tun gliedern.“ (GSG 12, 55)

Die Sätze liefern ein frühes Bekenntnis zur Interdisziplinarität und eine Forschungsfrage für „unser Tun“: Wie sind Soziologie und Philosophie miteinander verbunden? Was eint, was trennt sie? Nicht etwa die Theoriebildung, denn die Philosophie kann sich nicht selbst begründen, wie Simmel im ersten Kapitel von *Hauptprobleme der Philosophie* (GSG 14, 7-157) konstatiert – was für die Philosophie Fluch und Segen zugleich ist. Sie kann aber als Allgemeinwissenschaft andere Wissenschaften begründen und ausgründen wie die Soziologie, die Pädagogik und die Psychologie. Selbstverständlich geht für Simmel die Philosophie der Soziologie logisch, erkenntnistheoretisch und metaphysisch voraus. Aufgrund dieses vor einem Jahrhundert noch fraglosen Allgemeinheitspostulats, für alle Disziplinen *als* solche zuständig zu sein und damit der Wissenschaft Fundament und Dach zu bieten, haben sich Weber und Wölfflin in der Zeitschrift *Logos* bereitwillig dem Untertitel „Philosophie der Kultur“ untergeordnet. Dies war auch ein Bekenntnis, sich nicht in das positivistisch-materialistische Weltbild der dominierenden Natur- und Technikwissenschaften mit ihren scheinbar nicht weiter zu hinterfragenden Fakten bzw. Tatsachen fügen zu wollen.

Mit der baldigen Abkehr von einem logisch-metaphysischen Dach der Wissenschaften konnten sich Einzelwissenschaften zwar immer wieder kurzzeitig Deutungshoheit verschaffen, wurden aber generell heimatlos. Ein Resultat ist die heutige Debatte um Trans- statt Interdisziplinarität, den wohl keine Geistes- oder Sozialwissenschaft gewinnen wird, sondern die Mathematik (mit ihrer Schwesterdisziplin Informatik) und die durch sie angeleiteten Technikwissenschaften, so schon Husserl 1936.<sup>8</sup> Aus dem frühen letzten Jahrhundert kann man demnach lernen: Wer „seine“ Geistes- oder Sozialwissenschaft stärken will, sollte gleichzeitig die Philosophie stärken. Diese Strategie verfolgte auch Simmel. Sie steht dem ökonomistischen Anspruch der Profilierung in und mit einer Einzelwissenschaft diametral entgegen, ebenso wie epochalen Aufgaben der jüngeren Zeit („Jahrhundert der Biotechnologie“, „Zeitalter der Digitalisierung“, etc.). Man stelle sich vor, die Geistes- und Sozialwissenschaften, aber auch die Naturwissenschaften um 1900 hätten sich unter dem Etikett „Zeitalter der Elektrifizierung“ zu versammeln versucht. Zum zweiten wird im Nachhinein deutlich, dass schon der damalige Versuch nicht erfolgreich war, gegen die Deutungsmacht der Naturwissenschaften das Aggregat „Kulturwissenschaften“ zu profilieren. Warum, kann an dieser Stelle nicht erläutert werden, aber es dürfte

<sup>8</sup> Vgl. die jüngere Entwicklung zu den *Digital Humanities*.



offensichtlich sein, dass sich die Multiperspektivität der disziplinären Ansätze von Philosophie, Theologie, Ethnologie, Literatur- und Geschichtswissenschaft weniger leicht homogenisieren lässt als die in den Naturwissenschaften. Im Binnenverhältnis sind diese allerdings auch heterogen und müssen sich zuletzt die Frage stellen, wie sie sich zur vereinheitlichenden Mathematik und auch Technik verhalten. Ein Effekt des modernen Auseinanderdriftens von Naturwissenschaft und Naturphilosophie ist denn auch die Etablierung von Subdisziplinen wie „Theoretische Physik“ und „Theoretische Biologie“ zu Beginn des letzten Jahrhunderts: Theorie, so scheint es, kann man ‚selbst‘ begründen, auch ohne die Philosophie. Ein Weltverstehen wird damit jedoch nicht mehr geleistet, was auch die *Cultural Studies* US-amerikanischer Prägung im späten 20. Jahrhundert nicht auffangen können (vgl. zu jüngeren Deutungen von „Kulturwissenschaft“ Ostermeyer 2016). Auch ein drittes wissenschaftshistorisches Phänomen findet sich bereits zu Simmels Zeit: die Anbiederung der Geistes- an die Naturwissenschaften durch Einbau positivistischer Methoden wie das Sammeln von Daten, aggregiert in Statistiken. Dies galt z.B. für die Geschichtswissenschaft und die sich als historisch verstehende Nationalökonomie (Historizismus). Es ist diese Entwicklung der als Gesellschaftslehre entwickelten Soziologie hin zur empirischen Sozialwissenschaft, die der „Philosoph und Soziologe“ Simmel kritisch beäugt. Denn „empirisch“ bedeutet eigentlich: durch Erfahrung gewonnen. So ist die Ausdeutung des Erfahrungsbegriffs bis heute der Dreh- und Angelpunkt sinnvoller wissenschaftlicher, aber auch gesellschaftlicher Zuschreibungen. Für Simmel ist klar: Erfahrung kann es nicht geben ohne ein historisches Verstehen.

Simmel hätte auf die Frage nach dem einheitsstiftenden Kriterium zwischen Philosophie und Soziologie vermutlich geantwortet: das Phänomen der Vergesellschaftung als Erfahrungsgrund für die philosophische Annahme vom Menschen als sozialem Wesen, für die Soziologie als Frage nach der Bedingung der Möglichkeit ihres Gegenstandsbereichs. Mit der Schnittstelle Mensch-Mensch wird auch erklärbar, dass kurz nach Simmels Tod eine andere Richtung ihren Aufschwung nimmt: die philosophische Anthropologie mit ihrem Dreigestirn Max Scheler, Helmuth Plessner, Arnold Gehlen. Alle gelten sowohl als Soziologen wie Philosophen (und wären so aufgehoben im Konzept *Humanities*). Jene transdisziplinären Umordnungen im frühen 20. Jahrhundert werden erst verständlich durch den schon mit Kant gefestigten Gegensatz von Natur und Geist und die daran anschließende Opposition von Natur- und Geisteswissenschaften durch Simmels Lehrer Wilhelm Dilthey. Simmel hingegen setzt die Antithese von Natur und Geschichte.

Die Soziologie ist für Simmel gar keine „besondere Wissenschaft“, sondern „Geschichte der Gesellschaft und aller ihrer Inhalte“ vermittels gesellschaftlicher Kräfte und Konfigurationen, d.h. „eine Erkenntnismethode, ein heuristisches Prinzip, das auf einer Unendlichkeit verschiedenster Wissensgebiete fruchtbar werden kann, ohne doch für sich allein eines auszumachen.“ (Simmel, *Das Problem der Soziologie*, 1894)<sup>9</sup> – Und deshalb führt von der Soziologie und ihrer Formenlehre stets ein Weg zurück zur Philosophie. Dies zeigt sich auch in Gestalt einer mächtigen Wirkungslinie Simmels über seinen Schüler, den erwähnten Soziologen Gottfried Salomon(-Delatour), der auch Lehrer von Walter Benjamin, Max Horkheimer und Theodor W. Adorno war. Simmel war also ein Wegbereiter der Kritischen Theorie bzw. „Frankfurter Schule“, zu der auch der direkte Simmel-Schüler Siegfried Kracauer gehört, Begründer der Filmtheorie (vgl. Kracauer 2004).

Die Frage nach Vermittlungen zwischen Philosophie und Soziologie ist durch die Dominanz der sog. empirischen Sozialwissenschaften heute aktueller als damals, denn früher war offenkundig, dass Simmels „formale Soziologie“ auf die Erkenntnistheorie Kants verweist. Man lese

<sup>9</sup> In: Simmel 1987, 41-49, hier 42.





in Simmels großer *Soziologie* den vorangestellten „Exkurs über das Problem: Wie ist Gesellschaft möglich?“ (GSG 11, 13–26), den er nach der kantischen Frage „Wie ist Natur möglich?“ modelliert. So ist das kantische Prinzip der Wechselwirkung denn auch maßgeblich für das Konzept der sozialen Interaktion. Heute würden Philosophen sagen, Simmel entwirft eine Sozialontologie, wenn sie seine *Soziologie* denn lesen würden. In der heutigen Soziologieausbildung wird das Buch als Klassiker noch auszugsweise gelesen, aber wohl immer weniger verstanden. Dass Simmel aufgrund seiner häufigen Verweise auf Natur – genauer: auf die Bedingung ihrer Möglichkeit – vorgeworfen wird, Naturalist zu sein, zeugt von Unkenntnis der Philosophiegeschichte wie metaphysischer Fragestellungen. (Man könnte sich als Soziologe mit Blick auf die Philosophie auch fragen, warum Philosophen einen angeblichen Naturalisten ausgerechnet zum „Kulturphilosophen“ stilisierten und dies bis heute tun.) Nicht zuletzt zeugt es von Unkenntnis der Biographie, denn Simmel hat zu Kant promoviert und habilitiert. Maßgeblich für Simmels Konzept des „individuellen Gesetzes“ ist seine Unzufriedenheit mit dem Befund, dass für Kant das Handeln aus dem reinen Pflichtmotiv heraus einen Wert besitzt, den kein anderes ersetzen kann. Für Simmel muss das Handeln gewollt werden und sich bewähren, Wertverschiebungen müssen möglich sein und stellen sich als Aufgabe der Selbstkultivierung. Simmel wurde deshalb auch das Etikett „Relativist“ angeheftet, was zu diskutieren wäre. Kants Autonomiepostulat wird von Simmel mit der Autonomie der Kunst und der Persönlichkeit des Künstlers verbunden (weiterführend Faath 1998). Denn ein Künstler arbeitet nicht, er *schafft*. Wenn er sein erlebendes Kunstschaffen reflektiert und den dem Leben als immanente Grenze einwohnenden Tod als ein Leben im „Augenblick“ darzustellen vermag (wie Rembrandt), schafft er sogar sein „individuelles Gesetz“, wörtlich: Autonomie. In diesem Sinne ist der Künstler Inbegriff und Ideal für die *Möglichkeit der Lebensanschauung* (vgl. Simmels letztes Buch *Lebensanschauung* von 1918, in: GSG 16).

Die Bewunderung für und Kritik am Königsberger prägt als Konstante Simmels Schaffen bis in das Spätwerk, eine Zeit, die in besonderem Maße vom Neukantianismus geprägt war. Simmel stand beiden Schulen nahe, der Marburger Schule über Ernst Cassirer, der erst jüngst deziert als Simmel-Schüler erforscht wird (er galt bislang stets als Dilthey-Schüler); der badischen Schule über seinen Freund Heinrich Rickert. In der damaligen Philosophenschaft war Simmel berühmt für seine Kant-Auseinandersetzung, man vergleiche seine Bestseller *Kant* (1904) und *Kant und Goethe* (1906/3. Aufl. 1916, GSG 10, 119–166). Das Gegensatzpaar dient ihm als formende Differenz der modernen Weltanschauung in Form zweier wechselwirkender *Typen* ihrer Zeit, mit denen das sich befruchtende Wechselspiel von Aufklärung und Romantik veranschaulicht wird. Der Begründer des Instituts für Philosophie an der TH Braunschweig, der Simmel-Schüler Willy Moog (1888–1935), schaffte das Buch 1925 gleich doppelt für die Lehre an, wie ich in einer Bibliotheksliste ausfindig machen konnte. Diese Hauptwerke Simmels liest heute kein Philosoph mehr; ebenso wenig die damals gängige Einführung *Hauptprobleme der Philosophie* (1910), von der bis zur 5. Auflage 1920 allein 37.000 Exemplare verkauft wurden (GSG 14, 476).<sup>10</sup> Direkt auf *Kant und Goethe* folgte 1907 *Schopenhauer und Nietzsche*, wieder ein Bestseller, der schon 1913 ins Spanische übersetzt und bis nach Lateinamerika verbreitet wurde; dies geschah auf Initiative der Madrider Übersetzer-Schule von José Ortega y Gasset, dessen Kollege Gabriel García Morente ein Hörer Simmels war. Und wieder finden wir im Titel eine Konjunktion zweier Namen, die die Frage nach dem „Dazwischenliegenden“ (s.o.) stellt.

Simmel beantwortet sie in seinem Buch ganz klar: zwischen Schopenhauer und Nietzsche liegt Darwin. Damit wurde einem evolutionistischen Lebensbegriff der Weg bereitet, dem, anders als noch bei Goethe, kein Motiv der Selbsttranszendenz mehr innewohnt, was Simmel kritisiert.

<sup>10</sup> Die leicht korrigierte 6. Auflage erschien 1927 in der Sammlung Götschen und gilt als Ausgabe „letzter Hand“, wenngleich sie von der Witwe Gertrud Simmel besorgt wurde, die dafür ein Handexemplar ihres Mannes zu Rate zog (GSG 14, 478).



Schon deshalb kann Simmel nicht als „Darwinist“ gelesen werden, wie heutige Interpreten bisweilen behaupten. Der mit Schopenhauer und Nietzsche formulierte „Wille zum Leben“ ist nach Simmel ein Reflex auf den Niedergang des kulturformenden Christentums und der philosophischen Metaphysik bei gleichzeitigem Aufstieg des Darwinismus als Weltanschauung. Wer hier frühe Anklänge an Foucaults „Biomacht“ heraushört, hört richtig. Mit den Referenzen Schopenhauer und Nietzsche, die als sog. Lebensphilosophen galten, bekam auch Simmel das Etikett „Lebensphilosoph“ – eine in der NS-Zeit durch die Nietzsche-Propaganda entstellte und später verfemte Richtung, der der marxistische Philosoph Georg Lukács in den 50ern auch noch das klassenfeindliche Etikett „bürgerlich“ aufklebte und sich damit von seinem einstigen Lehrer Simmel lossagte. Simmels Wirkung über seine Schüler unterstand also den ideologischen Verwerfungen der Kriegs- und Nachkriegszeit.<sup>11</sup> In den USA hingegen hielt die *Chicago School*, in Harvard Talcott Parsons Simmel hoch, aber eben nur seine Soziologie. Weitgehend unbeschadet haben Simmels kunstphilosophische Studien überdauert – zu Rodin, zu Michelangelo, zu Rembrandt; allerdings in der Kunstgeschichte, die mit Richard Hamann und Carl Einstein direkte Simmel-Schüler als Professoren aufweisen kann. Bis heute ist Simmels Einfluss auf ästhetische Ansätze ungebrochen (vgl. Meyer 2017). Erst in den letzten Jahren werden wieder vorsichtige Ansätze zu einer Lebensphilosophie erkennbar, denn mittlerweile ist eine Biophilosophie auf den Plan getreten, die „das Leben“ als organismisches Objekt untersucht, aber kaum Vermittlungsleistungen zum lebendigen Subjekt bietet. Eben dies aber war Simmels Anliegen, wie er in *Lebensanschauung* (1918) zusammenfasst. Leben ist Mehr-Leben und Mehr-als-Leben, so sein Credo. Goethes Metamorphosen-Lehre scheint überall durch.

Bei diesem Galopp durch Simmels Werk habe ich Schüler Simmels genannt, obwohl gemeinhin gilt, dass Simmel gar keine Schule hinterlassen hat. So lesen wir noch jüngst: „Georg Simmel begründete zeit seines Lebens keine wirkliche Schule. Dies liegt daran, dass er sich darum nicht ernsthaft bemühte; hinzu kommt jedoch, dass er aufgrund seines erst sehr spät erfolgten Rufs auf eine Professur auch kaum die Mittel und Möglichkeiten zur Schulbildung hatte.“ (Schroer 2017, 103). Hier werden zwei Vorentscheidungen getroffen: (1.) Erstens, dass es äußerliche Bedingungen wie der mangelnde Lehrstuhl waren, die eine Schulbildung verunmöglichte. Die Sicht fußt auf der gängigen Prämisse, dass sich Schulen über akademische Qualifikationsarbeiten bilden; zweitens wird Simmel ein Mangel an Motivation unterstellt, überhaupt eine Schule gebildet haben zu *wollen*. Hier wird ein anderer Schulbegriff bemüht, nämlich (2.) die Übernahme eines Denkstils in Voraussetzung einer Person. Und in der Tat: Bereits die Nachrufe heben jenen angeblichen Mangel als positiv hervor (vgl. Frischeisen-Köhler 1919). So betont Herman Schmalenbach Simmels vorurteilslösendes Philosophieren, „ein alle Problematik eigenen Behauptens mitheraufhebendes Philosophieren.“ (Schmalenbach 1919, Teil II, 485). Entsprechend schreibt Willy Moog: „Simmel hat auf die meisten jüngeren Philosophen irgendwie anregend gewirkt, auch wenn sie in systematischer Hinsicht ganz andere Wege gegangen sind.“ (Moog 1932, 247f.).

Wir müssen also nach Schülern suchen, ohne in Schulen zu denken. Dass der einstige Basler Ordinarius für Philosophie Herman Schmalenbach und der Braunschweiger Ordinarius Willy Moog sich nun als direkte Simmel-Schüler bezeichnen lassen, betrifft meine ureigensten Forschungen. Moog habe ich mit der vorgelegten Biographie (Karafyllis 2015, 2. Aufl. 2016), die auch seinen Freitod 1935 in Braunschweig aufklärt, gewürdigt, der Hinweis muss hier genügen. Aktuell forsche ich zu seinem Freund Schmalenbach, dessen Name immer mal wieder als „Soziologe“ oder „Philosophiehistoriker“ oder „George-Anhänger“ durch die Simmel-Forschung geistert (vgl. Karafyllis 2016). Mit Hilfe des Nachlasses in der UB Basel und seinen Enkeln,

<sup>11</sup> Zu diesen mag auch der „nicht zuletzt von Historikern beförderte, aber irrige Eindruck“ der 1970er Jahre gehören, „Max Weber habe die einzige interessante Art von Soziologie in Deutschland begründet“ – was für Otthein Rammstedt die Initialzündung zur Simmel-Gesamtausgabe war (so Kaube 2020).



die ich in der Schweiz ausfindig gemacht habe, arbeite ich an der Rekonstruktion von Werk und Biographie; vor dem Ruf nach Basel wohnte und arbeitete Schmalenbach lange Zeit in Göttingen, wo er auch habilitierte. Damit versuche ich nicht nur, einen weiteren Simmel-Schüler wiederzubeleben. Vielmehr stellt gerade diese vergessene Schülerschaft die systematische Frage, welche Fachgebiete die Philosophie nicht mehr bearbeitet und warum. Dies berührt die wichtige Frage nach einer Geschichtsphilosophie der Philosophiegeschichte, die sich deshalb kaum mehr stellt, weil die Philosophie sich immer weiter enthistorisiert.

Moog und Schmalenbach, die 1906 zusammen in Darmstadt Abitur gemacht hatten und dann bei Simmel in Berlin studierten, führen als Professoren mehrere Denktraditionen ihres Lehrers fort. In Braunschweig und Basel lehren sie auch Soziologie. Von Simmel erben sie eine umfassende Haltung zum Verhältnis der Philosophie zu ihren Nachbardisziplinen; dies in folgenden Hinsichten:

- Moog liefert eine kritische Auseinandersetzung mit der Bildungsfrage und der sich neu als eigenes Fach verstehenden Pädagogik, die sich dabei enthistorisiert (vgl. dazu Simmels späte Straßburger Vorlesungen zur Schulpädagogik, ediert von Kurt Hauter, GSG 22); in seiner Habilitationsschrift interessiert Moog die Abgrenzungsfrage zur Psychologie mit ihrem Aufschwung als Psychologismus und Synthesefach für „Wirklichkeit“ (Moog 1919, ersch. 1920). Man vergleiche Simmels Kampf gegen die Besetzung von Philosophielehrstühlen mit Psychologen<sup>12</sup> und seine häufige Formel von der „Atomisierung der Seele“.
- Schmalenbach waren Simmels Formen der Vergesellschaftung Ausgangspunkt seiner sozial- und religionsphilosophischen Untersuchungen um die Konzepte Individualität, Einsamkeit und All-ein-sein mit Gott (Schmalenbach 1920). Er untersucht dabei die Epochen Mittelalter und Frühe Neuzeit, v.a. Leibniz (Schmalenbach 1921). Es sind dies die Epochen und Figuren, die Simmel stiefmütterlich behandelte, obwohl Leibniz für Kant als Abstoßungsfigur diente und für Simmel die prästabilisierte Harmonie als Fluchtpunkt.
- Goethe ist für beide Simmel-Schüler erkenntnisleitend, damit die Erweiterung der Modi des Philosophierens hin zu Literatur und Kunst, entsprechend Simmels Buch *Goethe* (1913). Beide waren schon von Jugend an Goethe-begeistert; so spielte Schmalenbach schon als 15-jähriger die *Iphigenie* in einer Schulaufführung im hessischen Friedberg (vgl. die Abb. in Karafyllis 2020).
- Simmels lebensphilosophischer Zugriff auf die Geschichte als „historisches Verstehen“ war für beide maßgeblich. In Moog und Schmalenbach wird Simmel v.a. als Geschichtsphilosoph und Phänomenologe wirksam, was auch erklärt, warum beide die Nähe zu Husserls Philosophie suchen (vgl. Karafyllis 2015; 2020). Denn wo Simmel Kants Schematismus aufbricht, indem er ihn mit einem transzendenten Strömen (des Lebens) unterlegt, orientiert er sich an Husserl, Bergson und Goethe.

In beiden Biographien und in den Werken finden wir also nicht nur die Brücke zwischen Husserl und Simmel, mit deren angeblicher Kluft ich meinen Vortrag eröffnete. Viel wichtiger finden wir die Weiterarbeit an Simmels aufklärerischem Anliegen des historischen Verstehens, das methodisch ein drittes, fingiertes Subjekt braucht (in diese geschichtsphilosophische Wirkungsline gehört auch Simmels Liebblingsschüler Bernhard Groethuysen). Denn bei all den Werken Simmels, die ich nannte, war eines nicht dabei, das aber für Moogs und Schmalenbachs Arbeiten zentral war, und auch für Simmel selbst: die *Probleme der Geschichtsphilosophie* (2. Aufl. 1905/1907). Fragen wir abschließend, ob die Kultur-, die Lebens- oder die Geschichtsphilosophie die Klammer Simmelschen Denkens bildet, so fällt die Entscheidung für die Geschichtsphilosophie. Denn dort erläutert er den für sein Denken wichtigsten Begriff, die *Form*, als ein

<sup>12</sup> Vgl. die Beiträge in GSG 17.





ideelles, jenseitiges Formprinzip der Welt. So eröffnet auch das Fragment seiner Autobiographie mit der *Geschichtsphilosophie*. Als erstes Werk habe sie das „Grundmotiv“ seiner Philosophie gebildet: die Analogisierung der Formungen von „Geschichte“ und „Natur“.<sup>13</sup>

Simmels ästhetisierender Organizismus, in dem die Transzendenz des Lebens („Mehr-als-Leben“) der der Kunst („Mehr-als-Kunst“) und, Simmel weitergedacht, auch der der Geschichte („Mehr-als-Geschichte“) korrespondieren kann, ist relevant für eine neue Perspektivierung philosophischer Subdisziplinen und ihrer Relationen. Denn diese wurden durch holzschnittartige Philosopheme auf beiden Seiten der Relation jeweils verdunkelt. Für den Simmel-Schüler Ernst Cassirer, der lange fraglos als Kulturphilosoph und Neukantianer firmierte, wurde die Frage nach der Metaphysik des Lebens für seine „symbolischen Formen“ gestellt und der Einfluss Simmels hervorgehoben (Fetz, Ullrich 2008). Seine Auseinandersetzung mit Simmels „Tragödie der Kultur“ (Cassirer 2007) zeigt wiederum der aktuellen Technikphilosophie bei der Analyse der Macht der Technik „paradigmatisch-brennspiegelartig und in scharfer Konturierung die Problemlage in ihrer Großarchitektonik“: ob von einem entfremdeten Individuum auszugehen sei, dessen eigenes Schaffen als Korrektiv gegen überindividuelle, technikdeterministische Bemächtigungsstrategien dienen kann (so Hubig 2015, 225-228). Mit Simmels Fokus auf das Alltägliche, scheinbar Belanglose, mag Simmel ein Vordenker der Kulturwissenschaften gewesen sein; viel wichtiger aber war er ein Philosoph, der der eigenen Disziplin schon um 1900 ihre fortschreitende Marginalisierung aufgezeigt hat – und Wege, dieser beizukommen. Allein schon aus diesem strategischen Grund lohnt es, ihn als Philosophen wiederzuentdecken. Denn eingedenk Simmel kann man zusammenfassen: Die Philosophie bleibt modern, wenn sie nicht modern zu sein versucht.

Simmels lebens- und geschichtsphilosophische Wirkung reicht in viele Fächer und Denksätze und bereitete die erst nach seinem Tod einsetzenden Richtungen der Existenzphilosophie und Philosophischen Anthropologie vor. Sie haben das Diktum Simmels, mit der Grenze zu leben und zu philosophieren, in sich aufgesogen und lassen ihn bis heute auch dort lebendig werden, wo er und die Lebensphilosophie nicht mehr zur Sprache gebracht werden. Wie und über welche Schüler sein Erbe inner- und außerhalb der Philosophie weitergetragen wurde, gilt es noch weiter zu erforschen. Simmels Philosophie der Antagonismen und Polaritäten zielt nicht auf Einheitsstiftung oder Lösung. Sie strebt Differenzenerfahrungen an, die in ihrer Bewusstwerdung zur Weiterentwicklung der Kultur in wechselnden geschichtlichen Gestalten führen (Landmann in Simmel 1987, 17). Wenn also dies Simmels Grundmotiv war, dann sollten Philosophie und Soziologie jetzt anfangen, neue Etiketten zu kleben und sich ihrer gemeinsamen Geschichte zu vergewissern.

### Literatur

BOHR, J. et al. (Hg.) (2021): *Simmel-Handbuch. Leben – Werk – Wirkung*. Berlin (im Druck).

CASSIRER, E. (2007): Zur Logik der Kulturwissenschaften. 5. Studie: Die »Tragödie der Kultur«, in: Ernst Cassirer *Gesammelte Werke* 24. Hamburg 462-486.

FAATH, U. (1998): *Mehr-als-Kunst. Zur Kunstphilosophie Georg Simmels*. Würzburg.

<sup>13</sup> Geschichte als Formungen des „zu erlebenden Geschehens“ „gemäß den Aprioritäten des wissenschaftsbildenden Geistes“, Natur gemäß den Verstandeskategorien, die das sinnlich gegebene Material formen (GSG 20, 304).



FETZ, R. L. & S. ULLRICH (Hg.) (2008): *Lebendige Form. Zur Metaphysik des Symbolischen in Ernst Cassirers „Nachgelassenen Manuskripten und Texten“*. Hamburg.

FITZI, G. (Hg.) (2020): *The Routledge International Handbook of Simmel Studies*. London.

FRISBY, D. (1984): Georg Simmels Theorie der Moderne. In: DAHME, H.-J. & O. RAMMSTEDT (Hg.): *Georg Simmel und die Moderne. Neue Interpretationen und Materialien*. Frankfurt/M. 9-79.

FRISCHEISEN-KÖHLER, M. (1919): Georg Simmel (1. März 1858 – 26. September 1918). In: *Kant-Studien* 24(1): 1-51.

GLOCKNER, H. (1935): Deutsche Philosophie. In: *Zeitschrift für deutsche Kulturphilosophie* 1: 3-39.

GASSEN, K. & M. LANDMANN (Hg.) (1993<sup>2</sup>): *Buch des Dankes an Georg Simmel: Briefe, Erinnerungen, Bibliographie. Zu seinem 100. Geburtstag am 1. März 1958*. Tübingen.

HARTUNG, G. & T.-F. STEINBACH (Hg.) (2020): *Georg Simmel: Die Philosophie des Geldes*. Berlin. (Reihe: *Klassiker auslegen*, Bd. 71)

HUBIG, C. (2015): *Die Kunst des Möglichen III: Macht der Technik*. Bielefeld.

HUSSERL, E. (1996<sup>3</sup>): *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* [1936]. Hamburg.

KARAFYLLIS, N. C. (2015): *Willy Moog (1885-1935): Ein Philosophenleben*. Freiburg/München.

KARAFYLLIS, N. C. (2016): Die Philosophen Herman Schmalenbach und Willy Moog und ihr Wirken an den Technischen Hochschulen in Hannover und Braunschweig. Mit einem Seitenblick auf Schmalenbachs *Leibniz*. Hannover.

KARAFYLLIS, N. C. (2020): Schüler ohne Schule? Über die Simmel-Schüler Herman Schmalenbach und Willy Moog. In: HARTUNG, G.; KOENIG, H. & T.-F. STEINBACH (Hg.): *Der Philosoph Georg Simmel*. Freiburg/München: 347-392.

KAUBE, J. (2020): Reichtum der Ideen. Zum Tod von Otthein Rammstedt. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 3.2.2020.

KÖHNKE, K. C. (1996): Der junge Simmel – in Theoriebeziehungen und sozialen Bewegungen. Frankfurt/M.

KRACAUER, S. (2004): Frühe Schriften aus dem Nachlass. In ders.: *Werke*, Bd. 9, hg. v. Ingrid Belke. Frankfurt/M.

LICHTBLAU, K. (2019<sup>2</sup>): *Zur Aktualität von Georg Simmel. Einführung in sein Werk*. Wiesbaden.

MEYER, I. (2017): *Georg Simmels Ästhetik. Autonomiepostulat und soziologische Referenz*. Weilerswist.





MOOG, W. (1919): *Logik, Psychologie und Psychologismus*. Halle.

MOOG, W. (1922): *Die deutsche Philosophie des 20. Jahrhunderts in ihren Hauptrichtungen und ihren Grundproblemen*. Stuttgart.

MOOG, W. (1932): *Das Leben der Philosophen*. Berlin.

MÜLLER, H.-P. & T. REITZ (Hg.) (2018): *Simmel-Handbuch: Begriffe, Hauptwerke, Aktualität*. Frankfurt/M.

OSTERMEYER, S. P. (2016): *Der Kampf um die Kulturwissenschaft. Konstitution eines Lehr- und Forschungsfeldes 1990-2010*. Berlin.

SCHLITTE, A. (2012): *Die Macht des Geldes und die Symbolik der Kultur. Georg Simmels Philosophie des Geldes*. München.

SCHMALENBACH, H. (1919): Georg Simmel, In: *Socialistische Monatshefte* 25: Teil I (24.3.1919): 283-288; Teil II (19.5.1919): 482-485.

SCHMALENBACH, H. (1920): Individualität und Individualismus. In: *Kant-Studien* 24(1): 365-388.

SCHMALENBACH, H. (1921): *Leibniz*. München.

SCHROER, M. (2017): *Soziologische Theorien: Von den Klassikern bis zur Gegenwart*. München.

SIMMEL, G. (1987): *Das individuelle Gesetz. Philosophische Exkurse*. Hg. und eingel. von Michael Landmann. Neuausgabe mit einem Nachwort von Klaus Christian Köhnke. Frankfurt/M.

SIMMEL, G. (1989-2016): *Gesamtausgabe in 24 Bänden (GSG)*. Hg. von Otthein Rammstedt. Frankfurt/M.

SIMMEL, G. (2020): *Essays zur Kulturphilosophie*. Hg. von Gerald Hartung. Hamburg.

HARTUNG, G.; KOENIG, H. & T.-F. STEINBACH (Hg.) (2020): *Der Philosoph Georg Simmel*. Freiburg/München.

THOUARD, D. (Hg.) (2021): *Les Enfants de Simmel*. Paris. (im Erscheinen)



## FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

### Begrüßung

KLAUS GAHL

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Hohe Festversammlung,  
werte Gäste,  
sehr verehrte Damen und Herren  
und im Besonderen: highly laureated Professor Emmanuelle Charpentier,

im Namen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft heiße ich Sie alle herzlich willkommen.

Ihre Teilnahme an unserer heutigen Veranstaltung ist uns eine große Freude und Ehre. Ist sie doch neben der Wertschätzung unserer, d. h. der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, auch Ausdruck Ihrer Wertschätzung der erst vor wenigen Tagen gekürten Trägerin des Nobel-Preises für Chemie 2020, Frau Professorin Emmanuelle Charpentier. Zu dieser hohen Auszeichnung möchte ich Ihnen hier im Namen der Anwesenden und der BWG herzlich gratulieren, we all cordially congratulate you on this exciting honor.

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft verleiht alljährlich die Carl Friedrich Gauß-Medaille an eine herausragende Wissenschaftler-Persönlichkeit aus den Geistes- und Kulturwissenschaften, den Technik- und Naturwissenschaften. Die Wahl wird im regelmäßigen Turnus von einer der drei Klassen der BWG vorgenommen. Für dieses Jahr wurde bereits im Spätjahr 2019 Frau Charpentier gewählt – also lange, bevor wir von der Verleihung des Nobel-Preises wissen konnten. Corona-bedingt mussten wir unsere für Anfang Mai geplante Jahresversammlung mit der Verleihung der Gauß-Medaille verschieben auf das heutige Datum. Die Überraschung kam am Mittwoch der eben vergangenen Woche: Frau Charpentier erhält den Nobel-Preis! Unsere Wahl für die Gauß-Medaille wurde also von höchster Stelle bekräftigt: Es war eine sehr gute Wahl.

Neben dieser erfreulichen Konsequenz der nun fast gleichzeitigen Auszeichnung hat die Corona-Situation leider auch die Möglichkeit einer angemessen großen Teilnehmerzahl zunichtegemacht. Dank des freundlichen Entgegenkommens der Stadt haben wir aber immerhin die zunächst in den engen Räumen der BWG geplante Veranstaltung hierher in die traditionsreiche Dornse verlegen können mit leider nur 50 Personen. Wir bitten um Verständnis für diese Begrenzung.

Umso herzlicher darf ich Sie, verehrte Anwesende, willkommen heißen. Ich danke Frau Dr. Hesse, die als Kulturdezernentin der Stadt Herrn Oberbürgermeister Markurth vertritt, der leider verhindert ist; Frau Dr. Hesse wird gleich noch ein Grußwort im Namen der Stadt an uns richten.

Ich begrüße herzlich Vertreter aus der Politik, aus der Landes- und Stadtverwaltung, Vertreter aus verschiedenen Wissenschaftseinrichtungen wie TU BS und TU Clausthal, HZI, Fraunhofer-



Institut. Bitte sehen Sie es mir nach, dass ich Sie unter den gegebenen Umständen auch der zeitlichen Begrenzung nicht alle namentlich begrüße.

Dank an Herrn Prof. Dr. Dirk Heinz, den wissenschaftlichen Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung Braunschweig, schon jetzt für die Laudatio.

Der Presse und dem Fernsehen sei gedankt für das über die Region hinausgehende Interesse an dieser Veranstaltung.

Ich begrüße die leider wenigen Mitglieder der BWG. Ich bedauere sehr, dass wir uns mit Rücksicht auf die Corona-Vorschriften derart haben beschränken müssen auf die geringe Teilnehmerzahl.

Zu bedauern ist auch, dass das zu Ehren der Preisträgerin geplante und darauf programmierte wissenschaftliche Symposium mit dem Thema „CRISPR/Cas: Chancen und Herausforderungen für die Medizin“ nicht stattfinden können. Den drei vorgesehenen Referenten: Frau Professorin Dr. Hildegard Büning, Herrn Professor Dr. Chase Beisel und Herrn Professor Dr. Christopher Baum ist zu danken, dass sie sich bereiterklärt haben, die Vorträge schriftlich zu fassen und über das Jahrbuch und über die Homepage der BWG der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Ich danke Ihnen, sehr verehrte Damen und Herren, dass Sie unserer so kurzfristigen Einladung gefolgt sind. Ihre Teilnahme ist uns ein Zeichen Ihrer Verbundenheit mit der BWG, die – wie so viele öffentliche Einrichtungen in Kultur und Gesellschaft, Bildung und Wissenschaft, in Wirtschaft und Lebensgestaltung – in diesem Jahr mit manchen Widerständigkeiten zu kämpfen hat. So eben auch in der Organisation dieser Veranstaltung. Ich möchte an dieser Stelle Frau Mumcu und Frau Rotermund in unserem Sekretariat herzlich danken für Ihre unermüdliche, sorgfältige Arbeit der Vorbereitung dieses Festaktes.

Sehr verehrte Damen und Herren, ich darf nun Frau Dr. Anja Hesse, Kulturdezernentin der Stadt, zu ihrem Grußwort bitten.



**Grußwort der Dezernentin für Kultur und Wissenschaft der Stadt Braunschweig, Frau Dr. Anja Hesse, anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft mit Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille am 16. Oktober 2020 im Braunschweiger Altstadttrathauses\***

Sehr geehrte Frau Professorin Charpentier,  
 geehrter Herr Professor Gahl,  
 sehr geehrter Herr Professor Heinz,  
 sehr geehrte Frau Professorin Müller-Goymann,  
 sehr geehrte Mitglieder  
 der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft,  
 meine sehr geehrten Damen und Herren,

zunächst darf ich Sie im Namen von Herrn Oberbürgermeister Markurth sehr herzlich in der Dornse des Altstadttrathauses begrüßen. Ursprünglich hätte Herr Oberbürgermeister an dieser Stelle die Begrüßung vorgenommen, aber trotz aller Anstrengungen ließen sich seine terminlichen Verpflichtungen nicht neu disponieren, so dass ich heute die große Freude und Ehre habe, Sie hier im festlichen Rahmen begrüßen und Ihnen seine persönlichen Grüße und besten Wünsche übermitteln darf.

Bevor wir jedoch in das eigentliche Geschehen für die Verleihung der Gaußmedaille eintreten, ist es mir und sicher allen anwesenden Gästen hier ein persönliches Bedürfnis, Sie nicht nur hier in Braunschweig herzlich willkommen zu heißen, sondern Ihnen, sehr geehrte Frau Professorin Charpentier, von ganzem Herzen zur Verleihung des Chemie-Nobelpreises 2020 vor wenigen Tagen zu gratulieren. Für die Genome-Editing-Methode CRISPR/Cas9 hat das Komitee in Stockholm Ihnen die höchste Auszeichnung zuerkannt, die eine Wissenschaftlerin oder ein Wissenschaftler überhaupt erhalten kann. Sie heute wieder in Braunschweig und in unserer Mitte zu sehen ist eine außerordentliche Ehre angesichts der sicherlich zahllosen Anfragen und Anforderungen an Sie, und ich danke Ihnen für Ihr Kommen nochmals im Namen aller hier Anwesenden.

Mein Dank gilt der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, Herr Prof. Gahl, die alles unternommen hat, dass trotz Corona diese feierliche Jahresversammlung mit Verleihung der Gauß-Medaille heute hier in der Dornse begangen werden kann, denn seit nunmehr 70 Jahren ist dieser Festakt ein gesetzter Termin im Wissenschaftskalender der Stadt Braunschweig.

Der Gedanke an die Verleihung der Gauß-Medaille hat bei mir spontan einen Brückenschlag zwischen dieser Wissenschafts-Auszeichnung und der Literatur entstehen lassen, genauer: zu dem so überaus erfolgreichen Roman „Die Vermessung der Welt“ von Daniel Kehlmann aus dem Jahr 2005.

In diesem fiktiven, wenn auch auf historischen Fakten beruhenden Roman stellt Kehlmann die durch ihre charakterlichen Eigenheiten deutlich geprägten Karrieren der Zeitgenossen Carl Friedrich Gauß und Alexander von Humboldt ironisch-humorvoll einander gegenüber.

---

\* Es gilt das gesprochene Wort



Carl Friedrich Gauß, Mathematiker und Geodät, und von Humboldt, Naturforscher und Mitgründer der Geowissenschaften, haben die Welt im wahrsten Sinn des Wortes vermessen. Der eine im kleinen Königreich Hannover, der andere im großen, fernen Lateinamerika. Beide wollten den Erdmagnetismus verstehen und den Kosmos erklären. Ihre Herangehensweise an diese herausfordernden Aufgaben war jedoch denkbar verschieden.

Während Humboldt im Geist von Goethe die Natur als ein großes Ganzes verstand und nach greifbaren Zusammenhängen suchte, forschte Gauß im geradezu Verborgenen und fand Erklärungen in abstrakten mathematischen Formeln.

Dennoch eint beide, bahnbrechende Erkenntnisse von höchster Bedeutung gewonnen zu haben, die unser Denken über die Welt entscheidend veränderten. Als bekannt wurde, dass Sie, Madame Charpentier, die höchsten Weihen, den Nobelpreis, erhalten, wurde Professor Heinz interviewt. Er nannte Ihre Entdeckung treffend wie präzise einen „Geniestreich“. Und dabei fiel mir die Geschichte ein, die Sie und Gauß aus meiner Sicht verbindet:

Der nicht einmal 10-jährige Carl Friedrich Gauß hat in der dritten Klasse der Volksschule die Aufgabe, die Zahlen von eins bis 100 zusammenzuzählen, in kürzester Zeit beantwortet und zur Verblüffung seines Lehrers umgehend das Ergebnis 5050 aufgeschrieben. Denn er hatte erkannt, dass 1 und 100 101 ergeben, ebenso wie 2 und 99, 3 und 98 und so weiter – bis 50 und 51.

Die Zahlen von 1 bis 100 bilden 50 Zahlenpaare zu je 101, in der Summe also 5050. Der Lehrer, im Glauben, die Kinder jetzt erst einmal dem Rechnen über Stunden zu überlassen, um vielleicht selbst zu frühstücken oder eine Zigarre zu paffen währenddessen, soll dem pfiffigen Gauß vor Schreck eine Ohrfeige gegeben haben. Nach diesem Genie-Streich aber hat er ihn gefördert und der Wunderknabe Gauß bekam ein Stipendium des Herzogs.

Betrachten wir indes unsere Gegenwart, so erkennen wir: Die Wissenschaft schreitet nach wie vor durch Vermessen, Verstehen und Vermitteln des Wissens, durch die Beharrlichkeit und die Verschreibung des oder der einzelnen Forschenden an spezifische Fragenstellungen voran.

Ihr Weg, liebe Frau Charpentier, führte Sie für zwei Jahre - von 2013 bis 2015 - nach Braunschweig an das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung. Und Ihre Forschungsergebnisse sind in gewisser Weise auch eine sehr spezifische Vermessung der Welt: Sie haben in der Welt des Kleinen, für das menschliche Auge nicht Sichtbare, eine neue Dimension des Wissens hinzugefügt.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf der ganzen Welt arbeiten nun mit dieser Technologie, die eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit ist und nun als solche mit dem Nobelpreis als epochal gewürdigt worden ist. Was das für die Medizin bedeutet, vermag man sich als Normalsterblicher kaum vorzustellen.

Und durch diese zwei Jahre in Braunschweig fällt auch auf unsere Stadt ein wenig dieses Nobelpreisabglanzes, worüber ich mich sehr freue, wenn ich das einmal an dieser Stelle so unumwunden sagen darf.

Heute sind Sie wieder in Braunschweig, diesmal weder zu Forschungszwecken oder zum Eintrag in das Goldene Buch der Stadt am 4. März 2015, sondern, um die Gauß-Medaille für herausragende wissenschaftliche Leistung entgegenzunehmen.





Mein Dank geht an die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft. Sehr geehrter Herr Präsident Professor Gahl, ich danke Ihnen, ebenso der Vizepräsidentin für die Gestaltung der heutigen Preisverleihung und Ihre wertvolle Arbeit.

Vorbei die Zeiten, in denen Frauen von der Forschung ausgeschlossen wurden. Agnes Pockels, eine Braunschweigerin, hat, ohne ein Studium absolviert zu haben, bedeutende Grundlagen auf dem Gebiet der Ober- und Grenzflächenspannung entdeckt, so 1881 die Veränderlichkeit der Oberflächenspannung von Wasser beim Eintauchen fester Körper. 1882 folgte die Entdeckung der „Schieberrinne“, eines Gerätes zur Untersuchung von Oberflächen von Flüssigkeiten. Immerhin: 1992 wurde ihr von der Technischen Universität die Ehrendoktorwürde Dr. Ing. h. c. posthum verliehen.

Vor Ihnen haben erst wenige Frauen einen Nobelpreis in Chemie erhalten: Irène Joliot-Curie, die Tochter von Marie Curies, der Nobelpreisträgerin in Physik, gemeinsam mit ihrem Mann, 1935 für die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität. Dorothy Crowfoot Hodgkin 1964 für die Analyse der Struktur des Vitamin B12. Ada Yonath zusammen mit zwei weiteren WissenschaftlerInnen im Jahre 2009 für die Studien zur Struktur und Funktion des Ribosoms. Und nun erneut eine Madame, der Nobelpreis für Sie, sehr geehrte Mme Charpentier.

Auch wenn es vielleicht überflüssig ist, das zu betonen, aber es ist extrem ermutigend für die Emanzipation und die Sache der Frauen, dass Sie diesen Preis bekommen haben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## **CRISPR/Cas: Entdeckung, Funktion, Chancen und Herausforderungen Eine Einführung in die Thematik**

MICHAEL STEINERT

Institut für Mikrobiologie, Technische Universität Braunschweig, Spielmannstr. 7  
D-38106 Braunschweig; E-Mail: m.steinert@tu-bs.de

### **Preisverleihung während der Coronavirus-Pandemie**

Seit neun Monaten verändert das Corona-Virus unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Leben. Infektionsbiologische Begriffe wie Reproduktionszahl und Herdenimmunität haben es in den allgemeinen Sprachgebrauch geschafft und Börsenwetten auf einen Corona-Impfstoff nehmen bemerkenswerte Dimensionen an. In dieser kritischen Lage beeinflusst die Corona-Pandemie natürlich auch die Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille durch die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (BWG). Die wieder steigenden COVID-19-Fallzahlen lassen größere Gruppenveranstaltungen im Rahmen eines wissenschaftlichen Kolloquiums nicht zu. Daher hat sich die BWG in verantwortungsvoller Weise dazu entschlossen, die ganztägige öffentliche Festveranstaltung durch eine Preisverleihung in Form eines Webinars zu ersetzen.

### **Was schützt vor einer Virus-Infektion?**

Im Kampf gegen eine virale Infektion wie z.B. durch SARS-CoV-2 spielt das Immunsystem des Menschen eine große Rolle. Die angeborene körpereigene Immunabwehr gehört zur ersten Verteidigungslinie und besteht u.a. aus Zellen, die den Erreger auffressen können. Zeitverzögert setzt das adaptive Immunsystem ein, bei dem T-Zellen an der Zerstörung infizierter Zellen beteiligt sind, Plasmazellen, die Virus-neutralisierende Antikörper ausschütten und Gedächtniszellen, die vor einer erneuten Infektion durch den gleichen Erreger schützen. Entsprechend basieren die meisten präventiven Impfstoffkandidaten auf dem Prinzip, unserem Immunsystem Antigene oder Erbinformation zu präsentieren, so dass mittels Gedächtniszellen eine Immunität gegenüber dem Erreger erworben werden kann.

Damit sind wir, aus aktuellem Anlass über COVID-19, bei einer grundlegenden infektionsbiologischen Frage angelangt, mit der sich auch die diesjährige Preisträgerin des Nobelpreises für Chemie und Gewinnerin der Gauß-Medaille Emmanuelle Charpentier beschäftigt: Was schützt vor einer Virusinfektion? Interessanterweise hat die französische Mikrobiologin und Direktorin des Max-Planck-Instituts für Infektionsbiologie in Berlin zur Beantwortung dieser Frage nicht das menschliche Immunsystem, sondern das der Bakterien analysiert.<sup>1</sup> Denn auch Bakterien können von Viren, den sogenannten Bakteriophagen, infiziert werden. Da fünf Sechstel der biologischen Erdgeschichte dem mikrobiellen Leben gehört, haben Bakterien sehr viel „Erfahrung“ in der Auseinandersetzung mit Viren. Dieser langen Koevolution von Bakterien und Viren trug auch der Untertitel eines Vortrages von Emmanuelle Charpentier Rechnung, den ich vor einigen Jahren anhören durfte: „Lessons learned from bacteria“.

### **Was können wir von Bakterien lernen?**

Dass wir viel von Bakterien lernen können, zeigt der Rückblick in die zeitlich kurze Geschichte der Molekularbiologie. Oswald Avery stellte 1944, basierend auf Transformationsexperimenten mit Pneumokokken, die Hypothese auf, dass die DNA und nicht Proteine die Träger der Erbinformation sind. Alfred Hershey und Martha Chase konnten die Rolle der



DNA bei der Infektion von Bakterien durch Bakteriophagen dann endgültig bestätigen. Im Jahre 1955 isolierte Arthur Kornberg die erste DNA-Polymerase aus *Escherichia coli*, ein Schlüsselenzym bei der DNA-Replikation. Matthew Meselson und Franklin Stahl gelang dann 1958 der Nachweis der semikonservativen DNA-Replikation. Ebenfalls in *E. coli* wurde von François Jacob und Jacques Monod 1960 das Operon-Modell der Genregulation entwickelt. Durch das Poly-U-Experiment 1961 fanden Marshall Nirenberg und Heinrich Matthaei 1961 den Schlüssel zur Identifizierung des genetischen Codes. Im Jahre 1966 war dann die vollständige Entschlüsselung des gesamten genetischen Codes mit allen 64 Basentriplets gelungen. Die Geburtsstunde der Gentechnologie begann mit der Entdeckung der Restriktionsendonukleasen, für die Werner Arber, Daniel Nathans und Hamilton Smith 1978 den Nobelpreis erhielten. Das Restriktionsendonuklease-Modifikations-System gehört zum „Immunsystem der Bakterien“, erkennt und schneidet fremde DNA innerhalb bestimmter Sequenzen und dient der Abwehr von viralen Infektionen. In den Jahren 1975 bis 1977 entwickelten Frederick Sanger und Mitarbeiter die Strangabbruchmethode zur DNA-Sequenzierung anhand des Bakteriophagen  $\phi$ X174. Die Polymerasekettenreaktion (PCR), ein Verfahren zur Vervielfältigung von DNA, wurde 1983 von Kary Mullis entwickelt. Die Verwendung einer hitzestabilen DNA-Polymerase aus dem thermophilen Bakterium *Thermus aquaticus* verbesserte das Verfahren dann nochmal entscheidend. Diese alles andere als vollständige Liste der wissenschaftlichen Durchbrüche in der Molekularbiologie findet ihre würdige Fortsetzung in der revolutionären Arbeit von Emmanuelle Charpentier.

Bezeichnenderweise sind die meisten hier erwähnten Meilensteine der Molekularbiologie das Ergebnis von Grundlagenforschung. Und auch unsere Preisträgerin wird nicht müde zu betonen, dass Grundlagenforschung die wichtigste Quelle von Innovationen darstellt, die dann in neue Technologien und vielfältige Anwendungen münden. Auch die ursprüngliche Frage von Emmanuelle Charpentier, wie sich Bakterien vor Virus-Infektionen schützen, stand zunächst nicht unter einem direkten Anwendungsbezug. Das CRISPR/Cas-System, das es als Begriff „Gen-Schere“ auch in den allgemeinen Sprachgebrauch geschafft hat, wurde von der Mikrobiologin als Teil des „adaptiven Immunsystems“ der Bakterien untersucht.<sup>2</sup> Die Bakterien lernen Angriffe durch Viren abzuwehren, indem sie deren Erbgut wiedererkennen und zerschneiden.

### Woraus besteht das CRISPR/Cas-System?

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) sind Bereiche sich wiederholender DNA-Abschnitte, die im Erbgut von Prokaryoten (Bakterien und Archaeen) auftreten. Die CRISPR-Loci besitzen eine kurze, konservierte palindromische „repeat-Spacer-repeat“-Abfolge. In deren Nähe liegen die sogenannten *cas*-Gene (CRISPR-assoziierte Gene). Aufgrund von Genomsequenzdaten wurde festgestellt, dass die bakteriellen CRISPR-Sequenzen Homologien zu DNA-Sequenzen aus Bakteriophagen aufweisen. Darüber hinaus wurde entdeckt, dass Bakterien vorzugsweise Bakteriophagen-DNA als Spacer in die CRISPR-Loci integrieren. Basierend auf diesen Beobachtungen wurde angenommen, dass CRISPR-Sequenzen Bereiche sind, die virale Fremd-DNA aufnehmen und diese „virale DNA-Invasion“ in Form eines genetischen Gedächtnisses speichern. Daraufhin wurde herausgefunden, dass sich Bakterien tatsächlich durch diese Integration der Phagen-DNA in den CRISPR-Locus gegen eine Neuinfektion durch dieselben Bakteriophagen „immunisieren“. Weitere Untersuchungen machten später deutlich, dass die *cas*-Gene beim Erwerb dieser Immunität gegen Viren eine entscheidende Rolle spielen. Das *cas*-Operon codiert für Proteine, die für die Immunantwort wichtig sind, wie z.B. Helikasen, Nukleasen und RNA bindende Proteine. Die Ergebnisse dieser jahrelangen Grundlagenforschung führten schließlich zu der Erkenntnis, dass das CRISPR/Cas-System in Bakterien der Abwehr von Viren dient und dass



die Bakterien neben dem „angeborenen Immunsystem“ mittels Restriktionsendonukleasen auch ein lernfähiges „adaptives Immunsystem“ besitzen.<sup>2</sup>

### Wie funktioniert das CRISPR/Cas-System?

Mittels des CRISPR/Cas-Systems behalten die Bakterien virale Angreifer im Gedächtnis, indem sie seine DNA zerlegen und bestimmte Abschnitte davon in ihr eigenes Erbgut einbauen. Diese integrierte Fremd-DNA dient bei einer erneuten Infektion als Erkennungssignal und ermöglicht es dem Bakterium, das Virus schneller und zielgenauer zu zerstören.

Eine detailliertere Betrachtung des CRISPR/Cas-Systems zeigt, dass es neben dem CRISPR-Lokus, Protein-codierende Gene (cas9, cas1, cas2, cns2) und eine nicht-Protein-codierende, trans-aktivierende CRISPR-RNA (tracr-RNA) enthält. Während der Erstinfektion mit einem Bakteriophagen werden in der Adaptationsphase virale DNA-Fragmente (Protospacer) durch Cas-Proteine in den CRISPR-Lokus der bakteriellen Wirtszelle eingebaut. Hierbei sorgen sogenannte PAM-Sequenzen (protospacer adjacent motif) in der Phagen-DNA für die notwendige Unterscheidung von bakterieller und viraler DNA. In der folgenden Expressionsphase werden der gesamte CRISPR-Array (Prä-crRNA) und die tracrRNA transkribiert und die Cas-Proteine produziert. Die Transkripte werden u.a. durch die RNase III prozessiert, wodurch einzelne CRISPR-RNAs (crRNAs) entstehen. Kommt es im Rahmen einer Reinfektion erneut zum Eindringen von Phagen-DNA beginnt die Interferenzphase. Hierbei löst ein Interferenzkomplex bestehend aus crRNA, tracrRNA und einzelnen oder mehreren Cas-Proteinen den Abbau der viralen DNA aus.

Während der Reinfektion nutzen Bakterien die variablen Abschnitte zwischen den CRISPR-Sequenzen, die sogenannten Spacer, als „Fahndungsregister“ zur Erkennung ehemaliger Eindringlinge. Dieses „Fahndungsregister“ kann das Bakterium sogar an seine Nachkommen weitervererben. Je nach System wird ein Enzym oder ein Enzymkomplex (Interferenzkomplex) zu dem eingedrungenen viralen Erbmaterial gebracht. Beim CRISPR/Cas9-System erkennt crRNA, mit ihrem von einer früheren Virus-Infektion stammenden Spacer-Abschnitt, den komplementären Sequenzbereich auf der Fremd-DNA. Zusammen mit der tracrRNA bildet crRNA eine Haarnadel-förmige Struktur aus und zeigt dem Cas9-Protein den Schnittpunkt in der DNA an. Zusätzlich zur Erkennungssequenz benötigt Cas9 auch das protospacer adjacent motif (PAM), damit es die Phagen-DNA schneiden kann. Da das Bakterium keine PAM-Sequenzen besitzt, ist es vor dem Angriff durch das eigene Immunsystem geschützt. Mit ihren zwei Nukleasedomänen schneidet Cas9 dann den DNA-Doppelstrang, wobei die HNH-Domäne den an die crRNA hybridisierten Ziel-DNA-Strang und die Ruv-Domäne den komplementären DNA-Strang durchtrennt.

Im Gegensatz zu den Restriktionsendonukleasen, die auch zum Immunsystem der Bakterien gehören, aber ihre Spaltungssequenz selber finden, ist Cas9 eine Endonuklease, die einen dualen RNA-Guide (crRNA, tracrRNA) benötigt. Die Erkenntnis, dass Cas9 zwei RNA-Moleküle benötigt, um sein Ziel zu finden, verdanken wir den Arbeiten der diesjährigen Preisträgerin. Als dann Emmanuelle Charpentier und ihre Kollegin Jennifer Doudna darüber hinaus darlegten, wie das Zusammenspiel von einem Enzym und zwei RNA-Molekülen gezielt gesteuert werden kann, war das eine Sternstunde der Molekularbiologie. Wieder hatten wir etwas von Bakterien gelernt, das weit über die Grundlagenforschung hinaus ganz neue technologische Wege eröffnet.<sup>2,3</sup>





## Wie wird aus einer Komponente des bakteriellen Immunsystems ein gentechnologisches Werkzeug?

In der Bakterienzelle benötigt das Enzym Cas9 zwei RNA-Moleküle, um sein Ziel, die virale DNA, zu finden. Die beiden Wissenschaftlerinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna fusionierten jedoch crRNA und tracrRNA zu einem single-guide-RNA (sgRNA)-Molekül. Diese Fusion, bei der die 20 Nukleotide lange Spacersequenz am 5'-Ende der sgRNA die Bindung an die Ziel-DNA bestimmt und die RNA-Doppelstrang-Struktur die Bindung von Cas9 ermöglicht, vereinfacht die technische Anwendung des CRISPR/Cas-Systems. Durch gezielte Veränderungen in der Spacersequenz der sgRNA lässt sich die Nuklease Cas9 präzise zu einer gewünschten Schnittstelle lotsen. Dies macht aus dem CRISPR/Cas-System des bakteriellen Immunsystems eine programmierbare und gezielt einsetzbare „Gen-Schere“. An der Schnittstelle in der DNA können Gene eingefügt, ausgeschaltet oder reguliert werden, wobei die Reparaturmechanismen der Zelle die Brüche in den DNA-Strängen schließen. Bekommt die Zelle eine Vorlage für die DNA-Reparatur angeboten, kann hierdurch ein neues Gen in die Schnittstelle eingefügt werden (homologe Rekombination). Bei Abwesenheit einer solchen Reparaturvorlage kommt es zur nichthomologen Rekombination, die in der Ziel-DNA zu Sequenzvariationen und zum Funktionsverlust des betroffenen Gens führt.

Im Jahr 2012 beschrieb Emmanuelle Charpentier gemeinsam mit Jennifer Doudna, wie sich CRISPR/Cas9 als „Gen-Schere“ nutzen lässt.<sup>3</sup> Wie sich die Methode bei Eukaryonten anwenden lässt, veröffentlichten im Jahr 2013 Forscher um Feng Zhang.<sup>4</sup> Seit diesen Veröffentlichungen hat die CRISPR/Cas-Methode die Gentechnik revolutioniert. In nur wenigen Jahren wurde die „Gen-Schere“ für zahlreiche Fragestellungen weiterentwickelt, so dass sie nun vielfältig in der biologischen Grundlagenforschung, der Pflanzen- und Tierzucht, sowie in der medizinischen Forschung eingesetzt wird.<sup>5</sup>

## Welche Verfahren wurden mit CRISPR/Cas entwickelt?

Am häufigsten wird das CRISPR/Cas-System für das „Genome Editing“ eingesetzt.<sup>5</sup> Hierbei handelt es sich um eine Reihe von Methoden, um am Erbgut von Bakterien, Pflanzen und Tieren gezielte Veränderungen vorzunehmen. Es können Gene zerstört („Gen-Knockout“), an einer definierten Stelle im Genom eingeführt („Gen-Knockin“), oder punktuell (Punktmutation) verändert werden. Durch den gleichzeitigen Einsatz von verschiedenen guide RNAs können zudem mehrere Zielsequenzen der DNA gleichzeitig manipuliert werden, was als „Multiplexing“ bezeichnet wird.<sup>4</sup> Durch entsprechende Modifikationen kann „Genome Editing“ prinzipiell in allen Lebewesen vorgenommen werden. Beispielsweise wurde eine nukleäre Lokalisationssequenz mit einer human-Codon-optimierten Version des Cas9-Gens fusioniert und in ein Säugetier-Expressionssystem kloniert, um die bakterielle Cas9-Endonuklease für die gezielte Genomeditierung in Säugerzellen zu verwenden. Eine weitere Methode ist das „Base Editing“.<sup>6</sup> Ohne Doppelstrangbruch und unabhängig von der homologen Rekombination werden bei diesem Verfahren Einzelbasen in der DNA verändert. Der Trick beim „Base Editing“ ist die Verwendung eines dead Cas9-Enzyms (dCas9), das zwar durch die guide RNA an eine DNA-Zielsequenz bindet, diese aber nicht schneidet. Zusätzlich gekoppelte Enzyme sorgen dann für die Umwandlung bestimmter Basen. Diese dCas9-Enzyme werden auch genutzt, um die Expression spezifischer Gene zu behindern. Beim sogenannten „Epigenome Editing“ werden mit Hilfe von guide RNA und an dCas9 gekoppelte Enzyme Histone bestimmter DNA-Zielsequenzen modifiziert.<sup>7</sup> Durch diese Veränderung der DNA-Histon-Komplexe lässt sich dann die Genregulation beeinflussen. Eine weitere epigenetische Modifikation ist die Methylierung der Base Cytosin, die durch das dCas9-System künstlich herbeige-





führt werden kann. Auch dies stellt einen gezielten Eingriff in die Regulation der Genexpression dar.

Durch die Entdeckung des CRISPR-Enzyms Cas13 kann mittlerweile auch RNA geschnitten werden. Ähnlich wie beim dCas9-Enzym kann die enzymatisch inaktive Version dCas13 (dead Cas13) eine Ziel-RNA spezifisch binden, ohne diese zu spalten. Durch die Kopplung weiterer Enzyme können dann Basen in der RNA-Sequenz verändert werden. Mit diesem „RNA Editing“ können somit Veränderungen vorgenommen werden, die nicht dauerhaft über die DNA vererbt werden.<sup>8</sup>

### **Welche Anwendungen sind durch CRISPR/Cas möglich?**

Die sich anbietenden Anwendungen der CRISPR/Cas-Methoden sind vielfältig und reichen von der Grundlagenforschung, Pflanzenzüchtung bis hin zur klinischen Therapie und der Bekämpfung von Insekten mittels „Gene Drive“.<sup>9,10</sup> Der große Vorteil, den das „Genome Editing“ durch CRISPR/Cas mit sich bringt ist, dass neue Pflanzen-, Tier- und Krankheitsmodelle für die Forschung und Wirkstoffentwicklung innerhalb sehr kurzer Zeit generiert werden können. Aus medizinischer Perspektive ist die Entfernung oder Veränderung von viralen Genen (z.B. Hepatitis-B, HIV), oder Genen die zur Tumorentstehung beitragen (Onkogene) besonders erstrebenswert.<sup>11,12,13</sup> Auch die bereits jetzt mögliche Korrektur bestimmter Mutationen bei der Erzeugung induzierter pluripotenter Stammzellen (iPS) lässt auf individualisierte, genetisch editierte iPS-Zelltransplantate hoffen.<sup>14</sup> Die Befreiung des Schweinegenoms von potenziell gefährlichen Retroviren stellt eine wichtige Voraussetzung dafür dar, menschliche Spenderorgane in Tieren zu züchten.<sup>15</sup> Neue Therapien für Erbkrankheiten wie Sichelzellanämie, Beta-Thalassämie, Formen der Muskeldystrophie sind ebenfalls in der Entwicklung.<sup>16</sup> Hoch umstritten und in Deutschland verboten sind hingegen Modifikationen in der menschlichen Keimbahn.

### **Was sind die technischen Probleme?**

Mit der „Gen-Schere“ lässt sich das Erbgut von Lebewesen einfacher, schneller und präziser verändern als jemals zuvor. Aber die nicht immer exakte Bindung des Cas9-Enzyms am gewünschten Genort und die Veränderung anderer Zielsequenzen („Off-Target-Effekte“) bereiten Probleme. Ein weiteres Risiko geht von unspezifischen Integrationen der DNA-Reparaturschablonen während der homologen Rekombination aus. Zusätzlich zu diesen Nebenwirkungen gibt es die Limitierung, dass nicht alle Bereiche des Erbguts durch CRISPR/Cas verändert werden können. Ohne eine vorgelagerte PAM-Erkennungssequenz ist es nicht möglich, dass der DNA-Doppelstrang geöffnet wird und die guide RNA binden kann.<sup>17</sup>

Nach dem gezielten Entfernen von krankmachenden Genabschnitten durch ein CRISPR/Cas-System muss die Zelle die beiden Enden des DNA-Stranges wieder korrekt ergänzen und zusammenfügen. Der hierzu notwendige Reparaturmechanismus funktioniert aber nur in sich teilenden Zellen, womit ein Großteil der menschlichen Körperzellen für diesen Ansatz nicht in Frage kommt. Eine weitere Schwierigkeit stellt bislang auch die effektive Einschleusung der CRISPR/Cas-Maschinerie ins Zellinnere dar. Als problematisch könnte sich auch das menschliche Immunsystem erweisen, dass die bakterielle Endonuklease Cas9 als Antigen erkennen und eine Antikörper- und Gedächtniszell-basierte Immunantwort entwickeln kann.<sup>17</sup> Trotz der technischen Hürden in verschiedenen Forschungsfeldern haben sich die CRISPR/Cas-Methoden enorm schnell verbreitet, was die Bedeutung und Anwendbarkeit von Emmanuelle Charpentiers Entdeckung eindrücklich dokumentiert.



## Welche Risiken gibt es und welchen ethischen Herausforderungen müssen wir uns stellen?

Die CRISPR/Cas-Technologie beeinflusst die Lebenswissenschaften so grundlegend, dass ethische, rechtliche und gesellschaftliche Auseinandersetzungen unausweichlich sind. Bei der Freisetzung von Pflanzen und Tieren entschied der Europäische Gerichtshof, dass Genom-editierte Organismen nicht von der Ausnahmeregelung profitieren können, die für gentechnisch veränderte Organismen (GVO) gilt, welche durch konventionelle Mutageneseverfahren unter Einsatz von chemischen Stoffe oder ionisierender Strahlung erzeugt werden. Diese unterschiedliche Risikobewertung basiert auf der jahrzehntelangen Erfahrung mit der konventionellen Mutagenese, die die CRISPR/Cas-Mutagenese nicht vorweisen kann. Dieses Vorsorgeprinzip ist nicht unumstritten, da sich prinzipiell nur der Mutagenese-Weg, nicht aber die resultierenden Mutationen in den GVOs unterscheiden. Die hohe Effizienz des CRISPR/Cas-Verfahrens beschleunigt allerdings die Mutagenese-Verfahren derart, dass eine „Geschwindigkeitsbeschränkung“ in der Entwicklung von CRISPR/Cas-generierten GVOs als risikomindernd angesehen werden kann.

Eine noch schwierigere Abschätzung von ökologischen Folgen ergibt sich bei der gezielten Veränderung oder gar Ausrottung von Wildtierpopulationen durch eine Kombination der CRISPR/Cas-Methode mit der „Gene-Drive-Technologie“. Dies wird v.a. im Zusammenhang mit der Bekämpfung der Malaria und des Dengue-Fiebers, die durch Mücken übertragen werden, erforscht.<sup>10</sup>

Hinsichtlich des somatischen „Genome Editings“ gibt es im Vergleich zur konventionellen Gentherapie zur Behandlung von Krankheiten im Menschen keine grundsätzlich neue Situation. Allerdings gibt es aufgrund der Einfachheit der CRISPR/Cas-Methode die Befürchtung, dass es zu einer Verschiebung der Definition eines genetischen Defektes kommen könnte. Am Ende einer solchen Entwicklung wären dann, so die Kritiker, alle Genvarianten bis auf die allergünstigste korrekturbedürftig.

Eingriffe in die menschliche Keimbahn sind in Deutschland verboten. Auch Emmanuelle Charpentier hat hierzu klar Stellung bezogen, als sie mit Fachkollegen einen Meinungsbeitrag im Wissenschaftsmagazin *Nature* veröffentlichte.<sup>18</sup> In diesem Artikel fordern die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine feste Zeitspanne, in der keine klinischen Anwendungen der Keimbahn-Editierung in irgendeiner Form erlaubt sein sollen. Der Aufruf zu diesem globalen Moratorium erfolgte, nachdem der chinesische Biophysiker He Jiankui im Jahr 2018 verkündet hatte, er habe zwei Neugeborene durch einen Eingriff in ihr Erbgut immun gegen den Aids-erreger HIV gemacht.<sup>19</sup> Die nationale Gesundheitsbehörde Chinas verurteilte den illegalen Eingriff. Auch die meisten Vertreter der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft waren sich einig, dass dieser Menschenversuch mit unvorhersehbaren Folgen für die betroffenen Individuen und nachfolgenden Generationen unverantwortlich war und geächtet werden muss. Wie solche Alleingänge und das Überschreiten von roten Linien in Zukunft verhindert werden können, ist eine wichtige wissenschaftliche, gesellschaftliche und rechtliche Aufgabe. Neben praktischen Sicherheitsfragen und einer realistischen Chancen-Risiken-Abwägung gilt es, auch grundlegende ethische Konflikte zu lösen. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, werden ein kritischer öffentlicher Diskurs verschiedener Disziplinen, aber auch Grundlagenforschung in ihrer gesamten Breite notwendig sein. Mit der Auszeichnung von Emmanuelle Charpentier und der Veranstaltung eines Bioethik-Symposiums zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der Gen-Schere“ bringt die BWG



ihre Unterstützung von freier Forschung in einer wissenschaftlich aufgeklärten und verantwortungsvollen Gesellschaft zum Ausdruck.

## Referenzen

- 1 Barrangou, R., Horvath, P. (2017) A decade of discovery: CRISPR functions and applications. *Nat. Microbiol.* 2:17092. Doi: 10.1038/nmicrobiol.2017.92.
- 2 Deltcheva, E., Chylinski, K., Sharma, c. M., Gonzales, K., Chao, Y., Pirzada, Z. A., Eckert, M. R., Vogel, J., Charpentier, E. (2011) CRISPR RNA maturation by trans-encoded small RNA and host factor RNase III. *Nature* 471: 602-607. Doi: 10.1038/nature.09886.
- 3 Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., Charpentier, E. (2012) A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science* 337(6096):816-826. Doi: 10.1126/science.1225829.
- 4 Cong, L., Ran, F. A., Cox, D., Lin, S., Baretto, R., Habib, N., Hsu, P. D., Wu, X., Jiang, W., Marraffini, L. A., Zhang, F. (2013) Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science* 339(6121): 818-823. Doi: 10.1126/science.1231143.
- 5 Doudna, J. A., Charpentier, E. (2014) Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR/Cas9. *Science* 346(6213): 1258096. Doi: 10.1126/science.1258096.
- 6 Gaudelli, N. M., Komor, A. C., Rees, H. A., Packer, M. S., Badran, A. H., Bryson, D. I., Liu, D. R. (2017) Programmable base editing of A\*T to G\*C in genomic DNA without DNA cleavage. *Nature* 551(7681): 464-471. Doi: 10.1038/nature24644.
- 7 Braun, S. M. G., Kirkland, J. G., Chory, E. J., Husmann, D., Calarco, J. P., Crabtree, G. R. (2017) Rapid and reversible epigenome editing by endogenous chromatin regulators. *Nat. Commun.* 8(1): 560. Doi: 10.1038/s41467-017-00644-y.
- 8 Cox, D. b. T., Gootenberg, J. S., Abudayyeh, O. O., Franklin, B., Keller, M. J., Joung, J., Zhang, F. (2017) RNA editing with CRISPR/Cas13. *Science* 358(6366): 1019-1027. Doi:10.1126/science.1231143.
- 9 Manghwar, H., Lindsey, K., Zhang, X., Jin, S. (2019) CRISPR/Cas system: Recent advances and future prospects for genome editing. *Trends in Plant Science* 24: 12. Doi: 10.1016/j.tplants.2019.09.006.
- 10 Chamber, J., Buchmann, A., Akbari, O. S. (2016) Cheating evolution: engineering gene drives to manipulate the fate of wild populations. *Nature Rev. Gen.* 17: 146-159. Doi: 10.1038/nrg.2015.34.
- 11 Lin, G. Zhang, K., Li, J. (2015) Application of CRISPR/Cas9 technology to HBV. *Int. J. Mol. Sci.* 16(11):26077-26086. Doi: 10.3390/ijms161125950.
- 12 Wang, G., Zhao, N., Berkhout, A. T., Das, A. T. (2018) CRISPR/Cas based antibacterial strategies against HIV-1. *Virus research.* 244: 321-332. Doi: 10.1016/j.virusres.2017.07.020.
- 13 Sanchez-Rivera, F. J., Jacks, T. (2015) Applications of the CRISPR/Cas9 system in cancer biology. *Nat. Rev.* 15(7): 387-395.
- 14 Delhove, J. M. K. M., Qasim, W. (2017) Genome-edited T cell therapies. *Curr. Stem Cell Rep.* 3(2): 124-136. Doi: 10.1007/s40778-017-0077-5.
- 15 Niu, D., Wei, H.-J., Lin, L. *et al.* (2017) Inactivation of porcine endogenous retrovirus in pigs using CRISPR-Cas9. *Science* 357(6357): 1303-1307. Doi: 10.1126/science.aan4187.
- 16 Tay, L. S., Palmer, N., Panwala, R., Chew, W. L., Mali, P. (2020) Translating CRISPR-Cas therapeutics: Approaches and challenges. *The CRISPR J.* 3(4):253-257. Doi: 10.1089/crisp.2020.0025.
- 17 Uddin, F., Rudin, C. M., Sen, T. (2020) CRISPR gene therapy: Applications, limitations, and implications for the future. *Front. Oncol.* 10: 1387. Doi: 10.3389/fonc.2020.01387.
- 18 Lander, E., Baylis, F., Zhang, F., Charpentier, E. *et al.* (2019) Adopt a moratorium on heritable genome editing. *Nature* 567(7747): 165-168. Doi: 10.1038/d41586-019-00726-5.
- 19 Greely, H. T. (2019) CRISPR'd babies: human germline genome editing in the 'He Jiankui affair' *J. Law Biosci.* 6(1): 111-183. Doi: 10.1093/jlb/lsz010.



## **Laudatio zur Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft an Frau Professorin Emmanuelle Charpentier**

DIRK HEINZ

Wissenschaftlicher Geschäftsführer, Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung GmbH

### **Begrüßung und Einleitung**

Sehr geehrte Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft,  
liebe Kollegen Gahl und Klein,  
verehrte Abgeordnete aus Bund und Land,  
liebe Frau Dr. Hesse,  
liebe Kolleginnen und Kollegen,  
liebe Emmanuelle, chère Manu!

Es ist mir eine außerordentliche Freude und Ehre heute im Rahmen der feierlichen Verleihung der Gauß-Medaille die Laudatio auf die Preisträgerin halten zu dürfen. Corona-bedingt verspätet und in einem deutlich kleineren Rahmen, aber dennoch dem Anlass angemessen im wohl schönsten Festsaal der Stadt, der großen Dornse des Altstadtrathauses.

Die Gauß-Medaille, die heute zum 72. Mal von der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft vergeben wird, erhält Frau Professorin Emmanuelle Charpentier, Direktorin der Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene in Berlin, für eine der bahnbrechendsten wissenschaftlichen Entdeckungen der jüngeren Vergangenheit, die sogenannte CRISPR/Cas-Genschere.

In diesem Jahr erfährt diese Preisverleihung erhebliche zusätzliche Aufmerksamkeit, da Anfang Oktober von der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften die Vergabe des diesjährigen Nobelpreises für Chemie an eben diese Wissenschaftlerin verkündet wurde.

Von hohem lokalen Interesse ist außerdem, dass Frau Charpentier selbst einige Jahre in Braunschweig geforscht hat.

Die Gauß-Medaille wird in Gedenken an Carl Friedrich Gauß, dem bedeutendsten Schüler des Collegium Carolinum in Braunschweig, wo er von 1792-1795 studierte, seit 1949 an herausragende Wissenschaftler verliehen.

Braunschweigs großer Sohn wurde aufgrund seiner zahlreichen bis in die Neuzeit reichen wissenschaftlichen Leistungen und Errungenschaften bereits zu Lebzeiten als "Fürst der Mathematiker" bezeichnet.

Die Rückseite der Gauß-Medaille trägt die Prägung "*Pro summis litterarum meritis*", also "*den um die Wissenschaft am höchsten Verdienten*". Die Liste der bisherigen Preisträger macht dem großen Namen alle Ehre, allesamt herausragende, vielfach preisgekrönte Persönlichkeiten vornehmlich aus den technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen mit hohem Anwendungsbezug, aber auch anderen Bereichen, wie zum Beispiel der Philosophie und den Rechts- und Geschichtswissenschaften.





Bemerkenswerterweise wird die Auszeichnung heute erst zum zweiten Mal, nach der Meeresbiologin Antje Boetius vor 3 Jahren, an eine Wissenschaftlerin verliehen.

Während Gauß zahllose Rätsel in der Mathematik, Geodäsie und Astronomie löste, revolutionierte Emmanuelle Charpentier die Lebenswissenschaften durch ihre Beiträge zur Entwicklung eines neuen gentechnischen Verfahrens.

Es ist schon kurios, dass im Jahr des Ausbruchs der Covid-19-Pandemie die Medaille ausgerechnet an eine Infektionsforscherin verliehen wird, die sich intensiv mit dem Thema Virenabwehr befasst hat.

So zeigte Emmanuelle Charpentier erst vor wenigen Jahren, dass Pneumokokken, Bakterien der Art *Streptococcus pneumoniae*, über einen raffinierten Mechanismus der Immunität gegen sogenannte Bakteriophagen verfügen, der den Weg für das sogenannte "genome editing", die hochpräzise und zugleich elegante Manipulation des Trägers der Erbinformation in höheren Organismen, ebnete.

Man fragt sich zurecht, wie einer Forscherin eine so bahnbrechende und weitreichende Entdeckung gelingen kann? Um es mit Gauß' Worten zu sagen: „*Wie der Blitz einschlägt, hat sich das Räthsel gelöst*“ – und das Unwahrscheinliche wurde möglich. Das Zitat, das aus einem Brief an den Astronomen Heinrich Wilhelm Olbers stammt, geht wie folgt weiter: „*ich selbst wäre nicht im Stande, den leitenden Faden zwischen dem, was ich vorher wusste, dem, womit ich die letzten Versuche gemacht hatte, und dem, wodurch es gelang, nachzuweisen*“.

### Der Weg zu CRISPR/Cas9

Lassen Sie mich daher versuchen, diesen Faden zu rekonstruieren und zu erläutern, wann und wo bei Emmanuelle Charpentier der Blitz eingeschlagen hat.

Zunächst einmal war sie für ihre Entdeckung bestens gerüstet. Ich bin allerdings nicht sicher, ob sie wie Carl-Friedrich Gauß als Wunderkind geboren wurde.

Geboren am 11. Dezember 1968 in Juvisy-sur-Orge in der Metropolregion Paris bekam sie aber vermutlich schon in jungen Jahren viel mit vom wissenschaftlichen Esprit dieser Stadt, die über Jahrhunderte viele bedeutende Forscherpersönlichkeiten hervorgebracht hat.

Folgerichtig begann sie ihren eigenen Karriereweg mit dem Studium der Biologie, Mikrobiologie und Genetik an der Universität Pierre et Marie Curie in Paris, gefolgt vom Abschluss ihrer Dissertation am ebenfalls renommierten Institut Pasteur im Jahre 1995. War es nicht der große Louis Pasteur, dem das Bonmot "*Le hasard favorise les esprits préparés [...]*" (Das Glück bevorzugt die vorbereiteten Seelen) zugeschrieben wird. Dies könnte kaum zutreffender sein als für Emmanuelle Charpentier.

Im Jahre 1996 begab sie sich auf eine lange Forschungsreise, wo sie an mehreren Stationen ihr Wissen über bakterielle Infektionsprozesse ausbauen konnte.

Nach Forschungsaufenthalten als Postdoktorandin an exzellenten Institutionen in den Vereinigten Staaten, u.a. der Rockefeller University in New York und dem St Jude Children's Research Hospital in Memphis, wo sie einige wichtige Ergebnisse zur Antibiotikaresistenz





von Bakterien erzielte, kehrte sie 2002 nach Europa zurück. An den Max Perutz Laboratories der Universität Wien setzte sie ihre Forschungsaktivitäten an Regulationsmechanismen von Gruppe A-Streptokokken fort und baute ihre erste eigene Forschergruppe auf. Streptokokken sind bakterielle Erreger, die beim Menschen unter anderem Scharlach und eitrige Mandel- und Rachenentzündungen, häufig mit schweren Verläufen, auslösen.

Zu einer Zeit, in der sich nur eine Handvoll Wissenschaftler mit dem natürlichen Abwehrmechanismus von Bakterien gegen sogenannte Bakteriophagen, also Viren, welche Bakterien befallen und zerstören, beschäftigten, begann Emmanuelle Charpentier sich für dieses System in Streptokokken zu interessieren, da diese über ein besonders effizientes System, genannt CRISPR/Cas9 verfügen. Die Abkürzung CRISPR steht dabei für "*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*" und Cas für "*CRISPR-associated sequence*". Der CRISPR-Genlocus verleiht Bakterien eine sogenannte adaptive Immunität gegen wiederholte Phageninfektionen. Eigentlich ganz ähnlich zu dem, was uns allen in der aktuellen Corona-Krise helfen würde. Dies geschieht, indem zunächst kurze Gensequenzen aus dem Phagen herausgeschnitten werden.

Diese Sequenzen werden anschließend dauerhaft als sogenannte "Spacer" innerhalb einer charakteristischen Wiederholungssequenz in das Bakteriengenom integriert. Die Spacer sind sozusagen Fahndungsfotos von Viren, die chronologisch im Bakteriengenom abgelegt werden.

Erfolgt eine Reinfektion mit einem Phagen, wird dessen DNA mit RNA-Transkripten der Fahndungsfotos abgeglichen. Dies geschieht im Cas9-Komplex. Enthält der nachfolgend infizierende Phage eben eine dieser Sequenzen, so wird seine DNA durch das Enzym Cas9 spezifisch gespalten und unschädlich gemacht. Soviel zum biologischen Prinzip!

Im Jahre 2009 zog Frau Charpentier erneut um, diesmal in den hohen Norden Schwedens, wo sie eine Professur am Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden der Universität Umeå annahm und ihre Arbeiten an CRISPR/Cas9 mit Hochdruck fortsetzte.

Bei der Erforschung des molekularen Mechanismus stieß sie auf eine neuartige Form von RNA, die tracrRNA als Teil der Abwehrmaschinerie, und konnte mit Kollegen aus Würzburg zeigen, dass diese RNA für die Erstellung des RNA-Fahndungsfotos und die nachfolgende Spaltung der Phagen-DNA essentiell ist. Diese wegweisenden Ergebnisse zur bakteriellen Immunität wurden 2011 in der Zeitschrift *Nature* publiziert.

Um es nochmal mit Gauß zu sagen, der erste Blitz hatte also eingeschlagen. Doch im Fall von Emmanuelle Charpentier blieb es nicht bei einem Blitzschlag, vielmehr folgte unmittelbar auf diese wegweisende Arbeit ein weiterer Lichtblitz, dessen Strahlkraft noch lange fortbestehen wird.

Fasziniert von der Entschlüsselung des bakteriellen Abwehrmechanismus und dem möglichen Potential für universell nutzbare Genveränderungen, wollte Emmanuelle Charpentier im Detail verstehen, wie das Enzym Cas9 DNA-Doppelstrangbrüche durchführt. Auf einer Mikrobiologie-Konferenz in Puerto Rico im Jahr 2011 traf sie auf die amerikanische RNA-Biochemikerin und Strukturbiologin Jennifer Doudna aus Kalifornien. Bei einem gemeinsamen Spaziergang durch San Jose legten die beiden den Grundstein für die anstehende Revolution.



Innerhalb nur eines Jahres konnte das kongeniale Forscherinnen-Duo zeigen, dass tracrRNA und crRNA zusammenwirken, um Cas9 zur Ziel-DNA zu dirigieren und diese zu spalten. Der nachfolgende Geniestreich war, dass sich die beiden RNA-Moleküle zu einer sogenannten single guide RNA (sgRNA) vereinen ließen, welche gemeinsam mit dem Enzym Cas9 das erforderliche methodische Instrumentarium darstellte, um gezielt und hochpräzise beliebige Veränderungen in den Genomen höherer Organismen einzuführen: das sogenannte CRISPR/Cas-System, auch Genschere genannt.

Die zugehörige Veröffentlichung in *Science* trägt den Titel: "*A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity*" und ist inzwischen eines der meistzitierten Papiere in den Lebenswissenschaften. CRISPR/Cas wurde 3 Jahre später ebenfalls von *Science* zum Breakthrough of the Year gekürt.

Zusammengenommen bildeten diese beiden Arbeiten von 2011 und 2012 die Geburtsstunde von CRISPR/Cas9 und die Revolution der Biotechnologie und Biomedizin nahm ihren Lauf. Emmanuelle Charpentier wird uns in ihrem Vortrag sicherlich noch mehr Details erläutern. Lassen Sie mich daher im Folgenden kurz auf ihre Zeit in Braunschweig eingehen.

### **Emmanuelle Charpentier in Braunschweig**

Noch nichts ahnend von der zweiten bahnbrechenden Arbeit wurden wir bereits im Frühjahr 2012 auf Emmanuelle Charpentier aufmerksam.

Tim Sparwasser und Petra Dersch luden sie zu einem Vortrag ans TWINCORE nach Hannover ein, wo sie uns von der neu entwickelten Genschere berichtete. Es war auf der Stelle klar, dass wir sie gerne für das HZI gewinnen wollten. Durch einen glücklichen Umstand lancierte die Helmholtz-Gemeinschaft genau zu dieser Zeit ein neues Förderinstrument zur Rekrutierung herausragender Wissenschaftlerinnen, idealerweise aus dem Ausland.

Allerdings gab es ein Problem: es musste alles sehr schnell gehen. Glücklicherweise war Emmanuelle Charpentier nicht nur in ihrer Forschung zu CRISPR/Cas blitzschnell und gut organisiert. So gelang es uns gemeinsam, in kürzester Zeit eine aussagekräftige Bewerbung für die Rekrutierungsinitiative einzureichen.

Die internationalen Gutachter erkannten ebenfalls ihr außergewöhnliches Potential und befürworteten ihre Rekrutierung an das HZI in Braunschweig als Leiterin der Abteilung "Regulation in der Infektionsbiologie", eine Position, die sie bereits im Dezember 2012 antrat. Ein Jahr später folgte die Koberufung auf eine Lebenszeitprofessur an der Medizinischen Hochschule Hannover.

Somit war es uns gelungen, Emmanuelle Charpentier für Niedersachsen zu gewinnen und ihr erstmals in ihrer wissenschaftlichen Karriere eine dauerhafte Perspektive zu bieten.

Dass wir mit Emmanuelle einen angehenden Wissenschaftsstar gewonnen hatten, wurde uns schnell klar. Die neue Methode des Genome Editing verbreitete sich wie ein Lauffeuer und eröffnete Forschungslabors auf der ganzen Welt ungeahnte Möglichkeiten. Dies traf auch auf den Bekanntheitsgrad von Emmanuelle zu, der sprunghaft anstieg und eine wahre Flut an Einladungen zu Vorträgen, medialen Auftritten und zunehmend auch renommierten Preisverleihungen und Ehrungen nach sich zog. Zusätzlich war Emmanuelle an der Gründung der inzwischen im NASDAQ gelisteten Firma *CRISPR Therapeutics* beteiligt, die das



Verfahren nutzt, um Krankheiten wie die Sichelzellanämie oder verschiedene Krebsarten zu heilen. Das erhebliche kommerzielle Potential zog zudem Patentstreitigkeiten zwischen verschiedenen Stakeholdern nach sich, die auch nach Jahren noch nicht beigelegt sind. Sehr bewundert habe ich in dieser Zeit, wie Emmanuelle diese enorme Mehrbelastung wegsteckte, ihre Gruppe aus Schweden umzog und konsequent und zielstrebig weiter aufbaute, als Neu-Braunschweigerin mit dem Fahrrad durch den Bürgerpark zur Arbeit fuhr und einige Kooperationen im Zentrum initiierte, die bis heute fortbestehen. Insgesamt sind 17 wissenschaftliche Veröffentlichungen unter HZI-Flagge entstanden. Ihre sympathisch zurückhaltende Art bewahrte sie zudem davor, beim zunehmenden Hype um ihre Person abzuheben. So bewahrte sie sich ihre große Faszination für die Mikrobiologie.

Wir freuten uns natürlich mit ihr über die ersten großen Auszeichnungen, wie den Breakthrough Prize, die Humboldt-Professur und den Leibniz-Preis. Zahllose weitere Ehrungen sollten folgen. Sie rückten auch das HZI und die Stadt Braunschweig in das Rampenlicht.

Leider kam es, wie es kommen musste. Auch andere Institutionen richteten ihren Blick auf das HZI mit dem Ziel, Emmanuelle abzuwerben. Ich erinnere mich noch sehr gut an den 4. März 2015, als ich mit Emmanuelle unterwegs zu just diesem Gebäude war, da ihr die Ehre widerfuhr, sich in das Goldene Buch der Stadt Braunschweig einzutragen. Auf dieser Fahrt teilte sie mir mit, dass die Max-Planck-Gesellschaft plane, ihr ein lukratives Angebot für eine Direktorenposition in Berlin zu unterbreiten. Ungewöhnlich rasch schuf Max-Planck Fakten, sodass sie bereits Ende 2015 ihren Dienst in Berlin antrat.

Obwohl wir und andere zu diesem Zeitpunkt sicherlich ein wenig traurig über ihren raschen Weggang aus Braunschweig waren, sind wir dennoch stolz, Teil der persönlichen Entdeckungsgeschichte von Emmanuelle Charpentier geworden zu sein.

### **Persönliche Einordnung der Entdeckung**

Lassen Sie mich zum Ende meiner Ausführungen eine persönliche Einordnung der wissenschaftlichen Leistung Charpentiers vornehmen. Es kommt nicht oft vor, dass eine Forscherin innerhalb weniger Jahre einen Beitrag von so weitreichender Bedeutung für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft leistet. Emmanuelle Charpentier hat über gerade mal zwei Letztautorenschaften ein Werk geschaffen, das der menschlichen Existenz auf diesem Planeten völlig neue Spielräume schafft. Um bei einem weiteren Gauß-Zitat zu bleiben: "*Pauca, sed matura*", zu Deutsch "*Weniges, aber Reifes*".

Den zunächst größten Einfluss hat CRISPR/Cas9 auf die Forschung selbst. Genetische Manipulationen einschließlich Knock-outs, Knock-ins und Punktmutationen können mit nie dagewesener Schnelligkeit und Genauigkeit durchgeführt werden. Genetische Einflüsse können nun in jedem erdenklichen Modellsystem in unzähligen Kombinationen innerhalb von wenigen Monaten getestet werden. Und das im Prinzip in jedem Labor.

Durch die Einfachheit und Präzision von CRISPR/Cas9 rücken viele biotechnologische und medizinische Anwendungsmöglichkeiten, die zuvor für unmöglich erachtet wurden, in greifbare Nähe. Das Spektrum reicht von der Erzeugung schädlings- oder klimaresistenter Pflanzen, der gezielten Veränderung von Nutztieren, Gene Drive Technologien zur Eliminierung von krankheitsübertragenden Insekten bis zur Heilung einer Vielzahl genetisch bedingter Erkrankungen im Menschen.



Selbst Eingriffe in die Keimbahn, d.h. Samen- oder Eizellen, können prinzipiell vorgenommen werden, um maßgeschneiderte Organismen zu erzeugen, welche die neu erworbenen Eigenschaften auch an ihre Nachkommen weitergeben können. Das Beispiel der chinesischen Zwillinge Lulu und Nana, deren Erbgut im Embryonalstadium durch He Jiankui verändert wurde, um sie vor der Ansteckung durch ihren HIV-infizierten Vater zu schützen, hat als Tabubruch weltweite Empörung ausgelöst, vor allem weil das CRISPR/Cas-Verfahren längst noch nicht genügend ausgereift und verlässlich ist, um solche gravierenden Veränderungen zuzulassen.

Emmanuelle Charpentier gehörte im vergangenen Jahr zu einer Gruppe führender Wissenschaftler, die daraufhin ein weltweites Moratorium für das sogenannte "germline editing" forderte. Sie beherzigt damit vorbildlich den ethischen Grundsatz *"Aus großer Kraft folgt große Verantwortung"*, der übrigens aus der Comicserie *Spiderman* stammt. Das wunderbare Werkzeug CRISPR/Cas darf keinesfalls zur "Büchse der Pandora" werden!

Heute ehren wir die Mikrobiologin Emmanuelle Charpentier mit der Gauß-Medaille für eine Entdeckung aus der reinen Grundlagenforschung. In Zeiten, wo der Ruf nach sogenannter "anwendungsnahe" Forschung immer lauter wird, ist eine Entdeckung wie CRISPR/Cas ein Paradebeispiel dafür, dass disruptive Sprunginnovationen prinzipiell nicht planbar sind. Um es mit den Worten des Nobelpreisträgers und TU-Professors Manfred Eigen, einem der Gründerväter des HZI, auszudrücken: *"Alles was neu ist, stammt aus der Grundlagenforschung, ansonsten ist es nicht neu"*.

Der Vollständigkeit halber möchte ich erwähnen, dass Emmanuelle Charpentier in den vergangenen 9 Jahren die unglaubliche Anzahl von 80 Preisen und 9 Ehrendoktorwürden verliehen wurde. Jetzt sind Gauß-Medaille und Nobelpreis hinzugekommen!

Chère Manu, meinen allerherzlichsten Glückwunsch zu diesen hochverdienten Auszeichnungen.





**Schlusswort zur Festveranstaltung  
der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft  
am 16. Oktober 2020**

KLAUS GAHL

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Hochverehrte Festversammlung, meine Damen und Herren,

ich glaube in Ihrer aller Namen Frau Professorin Emmanuelle Charpentier sehr herzlich danken zu dürfen für diesen spannenden Vortrag zum wissenschaftlichen Werdegang einer international hochgeehrten Forscherin. Der Applaus spricht für die große Hochachtung des Publikums angesichts ihrer bahnbrechenden Entdeckung dieser Methode der Gen-Forschung und -Nutzung in der Pflanzen- und Tierbiologie und der Humanmedizin. Unser aller Dank und die Glückwünsche gelten Ihnen, Laureata!

Thank you very much, dear, distinguished Professor Charpentier, for the really exciting and fascinating curriculum vitae of your scientific career and the insight into the fundamental field of science of gen-regulation - with its practical consequences in basic biology as well as in today's and tomorrow's agriculture and human-medicine.

The seemingly simple method of cutting DNA is based upon a highly complex process of "dynamically stored" genetic information, transcription and translation to the realization of protein-synthesis – miraculously organized in time and space, in morphology and function – although jeopardized by breakage, fracturing, insertion and deletion of parts of genes – but, nevertheless, mostly running to a phenomenologically "good end". A well-organized teleological process! Since this is an encroachment upon the basic mechanisms of heredity, it also offers the possibility of influencing the successive generation of plants and animals or even men. We feel and recognize the hazards of this tool. We have to thoroughly consider it from its fundamental justification and ethical acceptability with a view to the social and anthropological aspects because it could be an encroachment upon life, upon creation.

Dear Professor Charpentier, your fascinating presentation gave us a marvellous insight into the broad field of your research and into various aspects of genetic regulation of life as such. Besides that, we all are deeply impressed about your enthusiasm and your serious engagement in your scientific work. You really are the right person to be awarded by the honor.

Once again, our cordial congratulations on the Gauß medal and - even higher - the Nobel prize almost within one week! Thank you very much indeed.

Ihnen allen, verehrte Damen und Herren, ebenfalls herzlichen Dank! Bleiben Sie gesund!



# DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

verleiht die

CARL FRIEDRICH GAUSS-MEDAILLE

FRAU

PROFESSORIN DR.

EMMANUELLE CHARPENTIER

GRÜNDUNGS- UND GESCHÄFTSFÜHRENDE DIREKTORIN DER

MAX-PLANCK-FORSCHUNGSSTELLE FÜR DIE WISSENSCHAFT DER PATHOGENE, BERLIN

IN WÜRDIGUNG IHRER HERAUSRAGENDEN FORSCHUNGSARBEITEN ZUR INFEKTIONS BIOLOGIE, BIOCHEMIE UND MOLEKULAREN MEDIZIN. SIE VERBINDEN GRUNDLAGENFORSCHUNG MIT INNOVATIVEN ANWENDUNGEN AUF IDEALE WEISE. FRAU PROFESSORIN CHARPENTIER NUTZT IHR EXZELLENTES WISSEN ZUR GENREGULATION VON KRANKHEITSERREGERN SOWOHL FÜR DIE INFEKTIONSFORSCHUNG ALS AUCH FÜR DIE ENTWICKLUNG MOLEKULARBIOLOGISCHER WERKZEUGE. DIE VON IHR MAßGEBLICH MITENTWICKELTE TECHNIK CRISPR/CAS, DIE SOG. GEN-SCHERE, IST ZU EINEM WELTWEITEN STANDARDINSTRUMENT GEWORDEN, WELCHES DIE BIOWISSENSCHAFTEN ENTSCHEIDEND PRÄGEN WIRD.

Braunschweig, den 16. Oktober 2020



Prof. Dr. med. Klaus Gahl

Präsident

der Braunschweigischen

Wissenschaftlichen Gesellschaft

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



**Charpentier, Emmanuelle**, Professorin Dr., Gründungs- und geschäftsführende Direktorin der Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene, Berlin

1968 in Juvisy-sur-Orge/Frankreich am 11. Dezember geboren

### **Akademischer und beruflicher Werdegang**

- 1986 – 1992 Studium der Biologie, Mikrobiologie und Genetik an der Universität Pierre und Marie Curie, Paris
- 1992 – 1995 Doktorandin am Institut Pasteur, Paris
- 1993 – 1995 University Teaching Assistant an der Universität Pierre et Marie Curie, Paris
- 1995 – 1996 Postdoc am Institut Pasteur, Paris, Frankreich
- 1996 – 1997 Postdoc, The Rockefeller University, New York, USA
- 1997 - 1999 Assistant Research Scientist, New York University Medical Center, New York, USA
- 1999 Research Associate, St. Jude Children's Research Hospital, Memphis, Tennessee, USA
- 1999 – 2002 Research Associate, Skirball Inst. of Biomolecular Medicine, New York, USA
- 2002 – 2004 Leitung einer Forschungsgruppe und Gastprofessur, Institut für Mikrobiologie und Genetik, Universität Wien
- 2004 – 2006 Leitung einer Forschungsgruppe und Assistant Professor, Institut für Mikrobiologie und Genetik, Universität Wien
- 2006 Privatdozentin (Mikrobiologie), Habilitation, Centrum für Molekularbiologie, Vienna Biocenter, Universität Wien
- 2006 – 2009 Leitung einer Forschungsgruppe und Associate Professor, Max F. Perutz Laboratories, Universität Wien, Österreich
- 2009 – 2014 Leitung einer Forschungsgruppe und Associate Professor, The Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden (MIMS), Umeå Centre for Microbial Research (UCMR) Institut für Molekularbiologie, Fakultät für Medizin, Universität Umeå, Schweden
- 2013 Dozentin in Medizinischer Mikrobiologie, Fakultät für Medizin, Universität Umeå, Schweden
- 2013 – 2015 Leiterin der Abteilung „Regulation in der Infektionsbiologie“, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig, W3 Professorin an der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH)
- seit 2014 Leitung einer Forschungsgruppe und Gastprofessorin, The Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden (MIMS), Umeå Centre for Microbial Research (UCMR) Institut für Molekularbiologie, Fakultät für Medizin, Universität Umeå, Schweden



- seit 2014 Alexander von Humboldt-Professorin Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina [www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org) 2
- 2015 – 2018 Direktorin der Abteilung „Regulation in der Infektionsbiologie“, Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, Berlin, und Wissenschaftliches Mitglied in der Max-Planck-Gesellschaft
- seit 2018 Gründungs- und kommissarische Direktorin der Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene (MPUSP), Berlin

### **Projektkoordination, Mitgliedschaft in Verbundprojekten**

- seit 2014 DFG-Projekt „Gentherapie angeborener metabolischer Lebererkrankungen durch gezielte Genommodifikation“

### **Auszeichnungen und verliehene Mitgliedschaften**

- 2009 Preis der Stadt Wien: Theodor Körner-Preis für Wissenschaft und Kultur
- 2010 Umeå Biotech Incubator Business Idea Award
- 2011 Eric K. Fernström-Preis (Schweden)
- 2013 Alexander von Humboldt-Professur für den Zeitraum 2014-2019
- 2014 Göran Gustafsson-Preis der Königlichen Schwedischen Akademie der Wissenschaften
- 2014 Jacob Heskel Gabbay Award
- 2014 Dr. Paul Janssen Award for Biomedical Research Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina [www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org) 4
- seit 2014 Mitglied der European Molecular Biology Organization (EMBO)
- 2014 Grand Prix Jean-Pierre Lecocq der Académie des Sciences
- 2015 Breakthrough Prize in Life Sciences
- 2015 Ernst Jung-Preis für Medizin
- 2015 Louis Jeantet-Preis für Medizin
- seit 2015 Gewähltes Mitglied der Amerikanischen Akademie für Mikrobiologie
- 2015 11. Preis der Internationalen Gesellschaft für Transgene Technologien
- 2015 Familie Hansen-Preis
- 2015 Prinzessin von Asturien-Preis für Technische und Wissenschaftliche Forschung
- 2015 Gruber-Preis für Genetik
- 2015 Carus-Medaille der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
- 2015 Excellence by Choice Jubilee Award der Universität Umeå, Schweden





seit 2015	Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
2015	Wissenschaftspreis Niedersachsen
2016	Otto Warburg-Medaille
2016	L'Oréal-Unesco "For Women in Science" Award
2016	Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)
2016	Meyenburg-Preis
2016	BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award for Biomedicine
2016	Human Frontier Science Program Nakasone Award (mit Jennifer Doudna)
2018	Kavli Prize im Bereich Nanowissenschaft
2018	Berliner Wissenschaftspreis
2019	Richard-Ernst-Medaille der ETH Zürich
2019	Verdienstorden der Bundesrepublik Deutschland
2020	Carl-Friedrich-Gauß-Medaille
2020	Wolf Prize in Medicine
2020	Nobelpreis für Chemie (gemeinsam mit Jennifer Doudna)

### **Forschungsschwerpunkte**

Molekulare Infektionsbiologie: molekulare Mechanismen der Regulation von Infektionsprozessen bei GRAM-positiven Bakterien; Regulation durch smallRNA, Proteinqualitätskontrolle und Genregulation; CRISPR – das adaptive Immunsystem in Bakterien zum Schutz vor fremder DNA; kleine regulatorische RNAs, die bakterielle Pathogenität stören; ProteinQualitätskontrolle, die bakterielle Adaptation, Physiologie und Virulenz reguliert; Mechanismen der bakteriellen Erkennung durch Immunzellen



INTELLIG  
**SYnENZ**  
ERGIE

**BWG-Kommission  
Synergie und Intelligenz:  
technische, ethische und rechtliche Herausforderungen  
des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender  
Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung  
(SYnENZ)**

REINHOLD HAUX (Sprecher der SYnENZ-Kommission)

Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der TU Braunschweig und der Med.  
Hochschule Hannover (PLRI), Mühlenpfordtstraße 23, DE-38106 Braunschweig  
E-Mail: reinhold.haux@plri.de

**Hintergrund und Zielsetzung**

Wie wird Zusammenleben in Zeiten zunehmender Digitalisierung in Zukunft aussehen? Welche Synergien ergeben sich durch das nun mögliche erweiterte Zusammenwirken von Menschen, Tieren und Pflanzen einerseits und von Maschinen andererseits, in anderen Worten durch ein solches erweitertes Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz? Können wir zwischen bloß zeitgemäßen und angemessenen Formen des Zusammenwirkens unterscheiden? Und können, um angemessene Formen zu erreichen und um zwar zeitgemäße, aber problematische Formen zu vermeiden, Empfehlungen gegeben werden? Lässt sich der Grad des Zusammenwirkens bestimmen? Mit diesen für die Zukunft unserer Gesellschaften wichtigen Fragen befasst sich diese Kommission.

Es besteht mittlerweile ein vermutlich weltweiter Konsens darüber, dass die Digitalisierung erhebliche Veränderungen in praktisch allen Bereichen unserer Gesellschaften bewirkt und dass dadurch unsere gesamten Lebenswelten verändert werden. Die Kommission Synergie und Intelligenz: technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ) der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) befasst sich in grundsätzlicher Weise mit den sich durch diese Entwicklungen ergebenden neuen Formen des Zusammenlebens. Dabei soll es nicht nur um neue Kommunikations- und Interaktionsformen zwischen Menschen gehen. Auch das erweiterte Zusammenwirken mit 'nicht lebenden' Objekten (Maschinen, ...) oder mit anderen Lebewesen, in welcher Art auch immer, ist

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



Gegenstand der Kommissionsarbeit. Die SYNENZ-Kommission ist davon überzeugt, dass die vorhandenen und zu erwartenden technischen Möglichkeiten nur gemeinsam mit der Behandlung damit verbundener ethischer und rechtlicher Fragen sinnvoll erarbeitet werden können.

### **Dimensionen der Kommissionsarbeit**

Die nachfolgend genannten Themen bilden die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeit der Kommission. Kriterien für deren Auswahl waren Originalität, Relevanz und das Potential, diese durch Mitglieder der Kommission gut bearbeiten zu können. Die Themen sind in drei Themenbereiche gegliedert. Diese sollten keinesfalls als getrennte und getrennt bearbeitbare Themenbereiche, sondern vielmehr als Koordinaten – semantische Bezugssysteme – eines dreidimensionalen Raumes gesehen werden

#### **Anwendungsgebiete** erweiterten Zusammenwirkens:

- AG: erweitertes Zusammenwirken in Medizin und Gesundheitsversorgung
- AL: erweitertes Zusammenwirken mit Tieren und Pflanzen in der Landwirtschaft
- AM: physische und virtuelle Mobilitätsformen im erweiterten Zusammenwirken

#### **ethisch-rechtliche Aspekte** im erweiterten Zusammenwirken ...

- EA:... zu Autonomie und Verantwortung
- EK:... zu Individualität und Kollektivität
- EN:... zu Individualisierung und Normierung

#### **methodisch-technische Aspekte** des erweiterten Zusammenwirkens ...

- MI:... zu maschineller und menschlicher Intelligenz und zur Robustheit
- MK:... zur Kooperation mittels Schwarm-Intelligenz
- MW:... bei der Evaluation dieses Zusammenwirkens

Fragen in Bezug auf die ethisch-rechtlichen Aspekte sind ...

- ... bei Individualität und Kollektivität: Wird es, beispielsweise durch intensivierte Kommunikation, durch die erweiterte Nutzung von Assistenzsystemen oder durch zusätzliche Implantate zu einem verstärkten kollektiven Zusammenwirken von Individuen kommen? Wie kann diese Kollektivität aussehen? Welche Bedeutung hat sie für die Individualität?
- ... bei Individualisierung und Normierung: Ist das zu erwartende erweiterte Zusammenwirken förderlich für die individuelle Entwicklung von Entitäten, insbesondere von Menschen? Oder birgt erweitertes Zusammenwirken, beispielsweise durch die Nutzung von maschinellen Systemen zu Entscheidungsunterstützung, das Risiko der Normierung menschlichen Verhaltens und persönlicher Entwicklung in sich? Wie kann Individualisierung gefördert und Normierung verhindert werden?
- ... bei Autonomie und Verantwortung: Welche Konsequenzen ergeben sich aus dem erweiterten Zusammenwirken insbesondere von Menschen einerseits und Maschinen andererseits



für die Autonomie von (menschlichen) Entscheidungen und für die damit verbundene Übernahme von Verantwortung? Dies besonders bei Maschinen mit hoher Funktionalität, umfassender Sensorik bzw. Aktorik und/oder der Fähigkeit der Analyse großer Datenbestände?

### **Mitglieder**

Die SYnENZ-Kommission ist interdisziplinär besetzt. Ihre Mitglieder sind (Stand: Ende 2020): Susanne Beck (Rechtswissenschaften), Klaus Gahl (Medizin), Reinhold Haux (Medizinische Informatik, Sprecher), Engel Hessel (Digitale Landwirtschaft), Stefan Heuser (Systematische Theologie und Ethik), Meike Jipp (Human Factors, stv. Sprecherin), Nicole Karafyllis (Philosophie), Joachim Klein (Chemie), Ralf Kreikebohm (Sozial- und Arbeitsrecht), Rudolf Kruse (Computational Intelligence, stv. Sprecher), Karsten Lemmer (Verkehr und Energie), Otto Luchterhandt (Öffentliches Recht), Michael Marscholke (Medizinische Informatik), Sanaz Mostaghim (Intelligente Systeme), Otto Richter (Agrarökologie), Kerstin Schwabe (Experimentelle Neurochirurgie), Jochen Steil (Robotik), Marlin Ulmer (Wirtschaftswissenschaften), Klaus-Hendrik Wolf (Medizinische Informatik) und Lars Wolf (Connected and Mobile Systems).

### **Bisherige Aktivitäten**

Über Aktivitäten in den Jahren vor dem aktuellen Berichtsjahr wurde in den vorherigen Jahrbüchern der BWG berichtet.

Die Kommissionsarbeit im Jahr 2020 wurde erheblich beeinflusst durch die SARS-CoV-2-Pandemie. Geplante physische Treffen mussten abgesagt werden. Die vorgesehenen Arbeiten wurden entweder virtuell fortgesetzt (dann mit Verzögerung) oder mussten verschoben werden.

Über folgende Aktivitäten im Jahr 2020 kann berichtet werden:

- Berichte über die Kommissionsarbeit an den Präsidenten der BWG und an die Mitglieder der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften;
- Durchführung des 1. SYnENZ-Zirkels;
- Arbeiten an der Herausgabe des Buches 'Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz';
- Beteiligung am Digitaltag 2020;
- Abhalten der 10. Kommissionssitzung.

### **Berichte über die Kommissionsarbeit**

Am 14.02.2020 berichteten Mitglieder der SYnENZ-Kommission sowohl dem damaligen BWG-Präsidenten Reimers als auch den Mitgliedern der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften über die Kommissionsarbeit und stellten diese bei beiden Treffen zur Diskussion. Schwerpunkte und zeitliche Abläufe der Kommissionsarbeit wurden abgestimmt. Die Mitglieder der Kommission wurden aktualisiert.





## 1. SYnENZ-Zirkel

Der zunächst für den 12.03.2020 in den Räumlichkeiten der BWG geplante und von Jochen Steil organisierte eintägige SYnENZ-Zirkel zum Thema 'Können Maschinen ethisches Verhalten lernen' konnte so nicht stattfinden. Es wurde ein virtuelles Format mit vier zweistündigen, ausschließlich virtuellen Sitzungen gewählt. Diese Treffen fanden im Mai und im Juli statt, siehe nachfolgende Tabelle. Der Sprecher möchte an dieser Stelle und sicherlich im Namen aller Teilnehmer seinen Dank an Jochen Steil für die Organisation aussprechen. Der Dank geht auch an die weiteren Beteiligten. Weitere Details zu dem 1. SYnENZ-Zirkel können in diesem Jahrbuch dem Bericht von Prof. Steil entnommen werden.

### 1. SYnENZ-Zirkel Können Maschinen ethisches Verhalten lernen? Organisation: Jochen Steil Programm

Sitzung	Thema	Votr.	Teiln.
<b>1</b>	Begrüßung(en) und Einführung, Vorstellung der Teilnehmer		
<b>Freitag,</b>	<b>Begriffe und Positionen: Turing</b> , Vortrag und Diskussion	Haux	
<b>29.5.2020,</b>	<b>Begriffe und Positionen: Haidt</b> , Vortrag und Diskussion	Ulmer	
<b>13:30 Uhr</b>	(SYnENZ-Kommission: Berichte, Organisatorisches)		<b>17</b>
<b>2</b>	Begrüßung(en), ... <b>ethischer Turing-Test</b>	Richter	
<b>Donnerstag,</b>	<b>Können Maschinen sozial angemessenes, moralisches, ethisches Verhalten lernen?</b> Vortrag (Vorstellung Projektskizze) und Diskussion	Steil	
<b>2.7.2020,</b>	Begriffe und Positionen: <b>Allen</b> , Vortrag und Diskussion	Heuser	
<b>14:00 Uhr</b>	(SYnENZ-Kommission: Berichte, Organisatorisches)		<b>13</b>
<b>3 Do.,</b>			
<b>9.7.2020,</b>	<b>Lernen und Ethik</b> , Vortrag und Diskussion	Heuser	
<b>14:00 Uhr</b>			<b>10</b>
<b>4 Do.,</b>	<b>Relational Reinforcement Learning</b> , Vortrag, Diskussion	Steil	
<b>16.7.2020,</b>	<b>Prospection</b> , Vortrag und Diskussion	Steil	
<b>13:00 Uhr</b>	<b>Turing-Test erweitertes Zusammenwirken</b> , Vortrag, Disk.	Haux	<b>10</b>
<b>5 Do., 23.7.</b>	<b>Schlussdiskussion</b>	alle	<b>9</b>
<b>14:00 Uhr</b>			



Die Arbeiten zur Herausgabe des Buches 'Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz' bildete einen weiteren Schwerpunkt der Kommissionsarbeit. Das Buch erscheint bei Springer VS im Open Access. Nachfolgend sind die Titelseite und das Inhaltsverzeichnis des Buches wiedergegeben.

Titelseite	Inhaltsverzeichnis
<p>Reinhold Haux · Klaus Gahl Meike Jipp · Rudolf Kruse Otto Richter Hrsg.</p> <p><b>Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz</b></p>   	<p><b>Vorworte</b> Vorwort der Herausgeber Vorwort von Otto Richter, BWG-Präsident von 2017 bis 2019</p> <p><b>Einführung</b> Erweitertes Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz: Einführung in die Thematik Reinhold Haux</p> <p><b>Teil I Gestaltung des Zusammenwirkens</b> Einleitende Worte zur Gestaltung des Zusammenwirkens Meike Jipp Steuern wir oder werden wir gesteuert? Chancen und Risiken von Mensch-Technik-Interaktion Meike Jipp und Jochen Steil Wie technische Systeme aus uns schlau werden. Von maschineller Auslegung und Festlegung Bruno Gransche. Kooperation mittels Schwarmintelligenz Sanaz Mostaghim und Sebastian Mai</p> <p><b>Teil II Anwendungen des Zusammenwirkens</b> Einleitende Worte zu Anwendungen des Zusammenwirkens Otto Richter Wie körpernahe und implantierte Systeme die Medizin und die Gesundheitsversorgung verändern Michael Marscholke und Klaus-Hendrik Wolf Erweitertes Zusammenwirken in der Landwirtschaft – zur Diskussion Lars Wolf Moderne Mobilitätsformen und die Bedürfnisse der Gesellschaft Meike Jipp und Karsten Lemmer</p> <p><b>Teil III Bewertung des Zusammenwirkens</b> Einleitende Worte zur Bewertung des Zusammenwirkens Susanne Beck Individuelle und kollektive Verantwortung. Reichweiten und Rechtsfolgen Otto Luchterhandt <i>If you see it, say it, and we'll sort it ...</i> Shifting Baselines und der neue Gesellschaftsvertrag im Zeitalter der Digitalisierung Stefan Selke Methodisch-technische Aspekte der Evaluation erweiterten Zusammenwirkens Reinhold Haux und Nicole Karafyllis</p> <p><b>Teil IV Abschließende Reflexionen</b> Über das Zusammenwirken von menschlicher und künstlicher Intelligenz aus ethischer Sicht Andreas Kruse Nachwort Klaus Gahl</p> <p><b>Autorenverzeichnis</b></p>



## **Digitaltag 2020**

Die SYnENZ-Kommission war am Digitaltag 2020, der am 19. Juni stattfand, im Rahmen eines Webinars mit dem Thema ‘Die Synergie von natürlicher und künstlicher Intelligenz - Möglichkeiten und Grenzen’ durch Sanaz Mostaghim und dem Sprecher beteiligt.

## **10. Kommissionssitzung**

Am 9.10.2020 fand die 10. Sitzung der SYnENZ-Kommission statt. Neben einer virtuellen Teilnahme war auch wieder, wenn auch in begrenztem Maße, eine physische Teilnahme im Sitzungssaal der BWG möglich. Auf der Sitzung wurde u.a. nochmals von verschiedener Seite festgehalten wie interessant und auch relevant der 1. SYnENZ-Zirkel war. Es bestand Konsens darin, dass weitere und ebenfalls möglichst wieder ‘hochgradig’ interdisziplinäre Zirkel folgen sollten. Neben weiteren Berichten wurden die zukünftigen Aktivitäten abgesprochen.

### **Geplante Aktivitäten**

Die Resonanz auf die bisherigen Veranstaltungen der SYnENZ-Kommission hat gezeigt, dass der Diskurs über das Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz unbedingt fortgesetzt werden sollte.

Stefan Heuser hat die Organisation eines 2. SYnENZ-Zirkels zum Thema ‘Grade des Zusammenwirkens’ übernommen. Geplant sind wieder drei bis vier zweistündige Sitzungen voraussichtlich ab Mitte Januar und im Februar 2021. Er kann aller Voraussicht nach und in Analogie zur 10. Kommissionssitzung in einem gemischt physischen und virtuellen Format stattfinden.

Es ist weiter vorgesehen, ein zweites SYnENZ-Symposium zu organisieren. Dieses soll diesmal in internationalem Rahmen stattfinden und damit sowohl Wissenschaftler(innen) weltweit einbinden, die in dieser Thematik ausgewiesen sind, als auch aktuelle Entwicklungen auf europäischer und internationaler Ebene verstärkt berücksichtigen. Die Ergebnisse des Symposiums sollen, ähnlich wie bei dem ersten SYnENZ-Symposium, in einem Buch zusammengefasst werden. Wann und in welchem Format das Symposium realistisch stattfinden kann, hängt u.a. von dem weiteren Verlauf der Pandemie ab.

Die Arbeiten zum Thema Forschungskuratorium SYnENZ, in die sich auch die oben genannten Aktivitäten einfügen, werden weiter fortgesetzt.



## **Lässt sich erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen empirisch feststellen? Überlegungen zur Adaptierung des Turing-Tests\***

REINHOLD HAUX

Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der Technischen Universität Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover (PLRI), Mühlenpfordtstraße 23, 38106 Braunschweig, reinhold.haux@plri.de, www.plri.de

### **Zusammenfassung**

Die Kommission Synergie und Intelligenz der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft befasst sich in grundsätzlicher Weise mit den technischen, ethischen und rechtlichen Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten, die im Zeitalter der Digitalisierung möglich geworden sind. Eine Frage, die während der Kommissionsarbeit gestellt wurde, bezog sich auf die Bedeutung des Begriffs des erweiterten Zusammenwirkens, insbesondere der Bedeutung von 'erweitert'. Damit verbunden war die Frage: Kann erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen festgestellt werden?

Mit dem SYnENZ-Test wird in dieser Ausarbeitung ein Ansatz vorgeschlagen, mit dem sich empirisch ermitteln lässt, ob ein solches erweitertes Zusammenwirken vorliegt. Der Ansatz greift die Idee des Turing-Tests auf und nutzt bekannte Ansätze der Versuchsplanung und des statistischen Testens. Der Test wird am Beispiel des Anwendungsfalls Behandlung von Patienten erläutert. In dem SYnENZ-Test gibt es drei Entitätsgruppen: (1) Patienten, die Behandlung benötigen. (2) Behandelnde, die Behandlung erbringen; diese sind eingeteilt in zwei Behandlungsteams, die zum einen aus Fachkräften in Gesundheitsberufen und zum anderen aus solchen Fachkräften gemeinsam mit intelligenten Maschinen bestehen. (3) Fragesteller, die den Behandlungserfolg ermitteln und analysieren. Sollten die Fragesteller nach Durchführung einer dafür adäquat geplanten Studie anhand des SYnENZ-Tests zu der Aussage kommen, dass der Behandlungserfolg in dem Behandlungsteam mit Fachkräften in Gesundheitsberufen und intelligenten Maschinen höher ist, als in dem Behandlungsteam mit Fachkräften in Gesundheitsberufen, dann sollte von einem erweiterten Zusammenwirken ausgegangen werden.

Der vorgeschlagene Ansatz wird diskutiert, auch im Hinblick auf Erweiterungen über den hier beschriebenen Anwendungsfall hinaus. Nicht zuletzt wird empfohlen entsprechende Studien mit SYnENZ-Tests durchzuführen, da erfahrungsgemäß solche Studien der Versachlichung und Konkretisierung bei der Behandlung von Problemen dienen, auch bei dem Thema der technischen, ethischen und die rechtlichen Herausforderungen des

---

\* Schriftliche Ausarbeitung von zwei Vorträgen, die zu dieser Thematik am 16.7.2020 und am 4.2.2021 auf Zirkeln der Kommission Synergie und Intelligenz (SYnENZ) der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) gehalten wurden. Der Autor war von 2017 bis 2021 Sprecher der SYnENZ-Kommission der BWG. Eine englische Ausarbeitung ist geplant, Arbeitstitel: 'SYnENCE Test: Adapting the Turing Test idea to measure extended collaboration of humans and intelligent machines'.





Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten, die im Zeitalter der Digitalisierung möglich geworden sind.

**Stichwörter:** Turing-Test, SYnENZ-Test, Zusammenwirken; natürliche Intelligenz; menschliche Intelligenz; künstliche Intelligenz; Evaluation; randomisierte Studien.

## 1 Kann erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen festgestellt werden?

### 1.1 Zielsetzung und Leitfragen der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz

Die Kommission Synergie und Intelligenz (SYnENZ, [1]) der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG, [2]) befasst sich in grundsätzlicher Weise mit den technischen, ethischen und rechtlichen Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender *Entitäten*, die im Zeitalter der Digitalisierung möglich geworden sind. Dabei soll es nicht nur um neue Kommunikations- und Interaktionsformen zwischen Menschen gehen. Auch das erweiterte Zusammenwirken mit 'nicht lebenden' Objekten (Maschinen, ...) oder mit anderen Lebewesen (Tieren, Pflanzen, ...), in welcher Art auch immer, ist Gegenstand der Kommissionsarbeit ([3]). Den Rahmen der Kommissionsarbeit bilden die folgenden fünf Leitfragen ([1], [3]):

- 1 Wie wird unser Zusammenleben in Zeiten zunehmender Digitalisierung in Zukunft aussehen?
- 2 Welche Synergien ergeben sich durch das nun mögliche erweiterte Zusammenwirken von Menschen, Tieren und Pflanzen einerseits und von Maschinen andererseits, d.h. von natürlicher und künstlicher Intelligenz?
- 3 Können wir zwischen bloß zeitgemäßen und angemessenen Formen des Zusammenwirkens unterscheiden?
- 4 Und können wir Empfehlungen geben, um angemessene Formen zu erreichen und um zwar zeitgemäße, aber problematische Formen zu vermeiden?
- 5 Lässt sich ein Grad des Zusammenwirkens bestimmen?

### 1.2 Die Frage des erweiterten Zusammenwirkens

Eine Frage, die während der Kommissionsarbeit mehrfach an den Verfasser dieser Ausarbeitung gestellt wurde, bezog sich auf die Bedeutung des Begriffs des erweiterten Zusammenwirkens, insbesondere der Bedeutung von 'erweitert'. Damit verbunden war die Frage, ob erweitertes Zusammenwirken denn ermittelt werden könne.

Häufig bezog sich diese Frage auf das erweiterte Zusammenwirken zweier bestimmter Entitäten, dem erweiterten Zusammenwirken zwischen Menschen einerseits und *intelligenten Maschinen* andererseits. Als intelligente Maschinen werden hier solche Maschinen bezeichnet, deren Funktionalität so umfangreich ist, dass diese Maschinen komplexe Entscheidungen, wie beispielsweise in der Diagnostik oder wie bei Therapien, treffen können oder zumindest maßgeblich an solchen Entscheidungen mit beteiligt sind. Solche Maschinen sind üblicherweise realisiert als auf Computern implementierte Programme.

Für weitere Erläuterungen dazu sei auf [4] verwiesen. Die maßgebliche Mitbeteiligung von Maschinen an solchen Entscheidungen wird in der Literatur auch mit dem Begriff geteilte Autonomie (engl.: shared autonomy) oder Team-Maschinen-Interaktion (engl.: team-machine interaction) verbunden ([5], [6]).

Die 'Frage des erweiterten Zusammenwirkens' soll hier folgendermaßen formuliert werden:



**FSyENZ: Kann erweitertes Zusammenwirken zwischen  
Menschen und intelligenten Maschinen festgestellt werden?**

**1.3 Ziel dieser Ausarbeitung**

In dieser Ausarbeitung wird ein Ansatz vorgeschlagen, mit dem sich – zumindest aus Sicht des Verfassers – empirisch ermitteln lässt, ob ein solches erweitertes Zusammenwirken vorliegt. Der Ansatz greift die Idee des Turing-Tests auf ([7], Erläuterungen folgen dazu in dieser Ausarbeitung in Abschnitt 2) und nutzt bekannte, 'klassische' Ansätze der Versuchsplanung und des statistischen Testens (Erläuterungen in dieser Ausarbeitung in Abschnitt 3.4.1).

**1.4 Hinweise zu dieser Ausarbeitung**

Der einfacheren Lesbarkeit halber sind einige der in dieser Ausarbeitung verwendeten Begriffe am Ende des Textes in einem Abschnitt Begriffe nochmals erläutert, zumal manche Begriffe hier durchaus spezifisch durch den Verfasser definiert sind. Sie hätten auch anders definiert oder verstanden werden können. Im Text wurden diese Begriffe bei der ersten Verwendung kursiv gesetzt.

Dem Verfasser ist es nicht gelungen, personenbezogene Begriffe angemessen geschlechtsneutral zu verwenden ohne dass dadurch die Lesbarkeit des Textes zu sehr durch komplizierte Formulierungen gelitten hätte. Bezeichnungen bei Personen bitte ich geschlechtsneutral sowohl auf Frauen und auf Männer zu beziehen, auch wenn dies nicht immer explizit so formuliert ist.

**2 Alan Turgings Frage zu maschineller Intelligenz transponiert auf den Turing-Test**

Die Frage die Alan Turing in seiner 1948 erschienenen Arbeit über Rechenmaschinen und Intelligenz eigentlich behandelt haben möchte, lautet

**F<sub>Turing</sub>: Können Maschinen denken?**

(engl.: „Can machines think?“ [7], S. 433). Er stellt direkt anschließend fest, dass diese wie auch die für ihn damit zusammenhängende Frage, ob Maschinen intelligent sein können, wohl schwierig zu behandeln sei. Er schlägt deshalb vor, diese Frage zu ersetzen durch eine andere Frage, die mittels eines Imitationsspiels geklärt werden kann (engl.: imitation game, heute häufig als Turing-Test bezeichnet, [7], S. 433-434).

Kurz und vereinfacht zusammengefasst sieht der Turing-Test folgendermaßen aus: Ein (menschlicher) Fragesteller (engl.: interrogator) kommuniziert mit zwei Entitäten auf Distanz mittels Schriftsprache. Eine dieser Entitäten ist ein Mensch, die andere eine Maschine. Die Fragen stellende Person versucht durch ihre Fragen herauszubekommen, wer Mensch und wer Maschine ist. Sie ist insofern unvoreingenommen, als dass sie durch diese Art der Kommunikation die zwei Entitäten weder hören noch sehen und damit nicht unmittelbar erkennen kann, wer Mensch und wer Maschine ist. Kann ein Fragesteller anhand dieser Befragung nicht zweifelsfrei feststellen wer Mensch und wer Maschine ist, dann sollte man diese Maschine als intelligent bezeichnen.



Der von Englisch nach Deutsch übersetzte Originaltext dazu:

Die neue Form des Problems kann in Form eines Spiels beschrieben werden, das wir als 'Imitationsspiel' bezeichnen. Es wird mit drei Personen gespielt, einem Mann (A), einer Frau (B) und einem Fragesteller (C), der von beiden Geschlechtern sein kann. Der Fragesteller hält sich in einem Raum abseits von den anderen beiden auf. Ziel des Spiels ist es, dass der Fragesteller herausfindet, welcher der beiden anderen der Mann und welcher die Frau ist. Er kennt sie durch die Bezeichnungen X und Y, und am Ende des Spiels sagt er entweder 'X ist A und Y ist B' oder 'X ist B und Y ist A'. Der Fragesteller darf also Fragen an A und B stellen:

C: Würde X mir bitte die Länge seiner oder ihrer Haare sagen?

Nehmen wir nun an, X ist tatsächlich A, dann muss A antworten. Das Ziel von A im Spiel ist es, zu versuchen, C zu einer falschen Identifizierung zu veranlassen. Seine Antwort könnte also lauten:

'Mein Haar ist kraus, und die längsten Strähnen sind etwa 15 cm lang.'

Damit der Tonfall dem Fragesteller nicht hilft, sollten die Antworten schriftlich oder besser noch maschinengeschrieben sein. Ideal ist es, wenn ein Fernschreiber zwischen den beiden Räumen kommuniziert. Alternativ können die Fragen und Antworten auch von einem Vermittler wiederholt werden. Das Ziel des Spiels für den dritten Spieler (B) ist es, dem Fragesteller zu helfen. Die beste Strategie für sie ist wahrscheinlich, wahrheitsgemäße Antworten zu geben. Sie kann ihren Antworten Dinge hinzufügen wie 'Ich bin die Frau, hören Sie nicht auf ihn!', aber es wird nichts nützen, da der Mann ähnliche Bemerkungen machen kann.

Wir stellen nun die Frage: 'Was wird passieren, wenn eine Maschine die Rolle von A in diesem Spiel übernimmt?' Wird der Fragesteller bei einem solchen Spiel genauso oft falsch entscheiden wie bei einem Spiel zwischen einem Mann und einer Frau? Diese Fragen ersetzen unsere ursprüngliche: 'Können Maschinen denken?'<sup>14</sup>

([7], S. 433-434, übersetzt mittels DeepL, [8]).

Alan Turing hat damit die eingangs gestellte Frage transponiert auf eine andere Frage, die über den Turing-Test beantwortet werden soll:

**F<sub>Turing</sub>(transponiert): Können Maschinen den Turing-Test bestehen? Falls ja, dann kann wohl auch F<sub>Turing</sub> Können Maschinen denken? mit ja beantwortet werden.**

Diese Umsetzung der Frage scheint insofern plausibel zu sein, als dass der Turing-Test leicht zu verstehen ist und dass er bis heute als 'der' – sicherlich auch kritisch diskutierte – Test genannt wird, wenn es um die Prüfung der Frage geht, ob Maschinen als intelligent bezeichnet werden können ([9], [10], [11], Kapitel 3).

### 3 Der SYNENZ-Test

#### 3.1 Beschränkung auf bestimmte Szenarien erweiterten Zusammenwirkens

Die Frage F<sub>SYENZ</sub>, also die Frage des erweiterten Zusammenwirkens von Menschen und intelligenten Maschinen, soll nun in ähnlicher Weise transponiert werden auf einen Test, der hier als SYNENZ-Test bezeichnet werden soll.

Neben der Beschränkung auf diese beiden Entitäten – Menschen und intelligente Maschinen, also nicht, wie in Abschnitt 1.1 genannt, lebende und nicht lebende Entitäten – soll noch eine weitere Einschränkung erfolgen. Wir beschränken uns auf das Anwendungsgebiet Medizin und Gesundheitsversorgung und dort auf die *Behandlung* von *Patienten* als Anwendungsfall. Inwieweit sich der SYNENZ-Test auch auf weitere Entitäten oder Anwendungsgebiete anwenden lässt, wird in Abschnitt 4 besprochen. Da im Folgenden bei Maschinen immer intelligente Maschinen gemeint sind, soll der besseren Lesbarkeit halber auch verkürzt der Begriff *Maschinen* verwendet werden.

Für die Einschränkung auf das Anwendungsgebiet Medizin und Gesundheitsversorgung und dort noch weitergehend auf die Behandlung von Patienten als Anwendungsfall gab es zwei Gründe:



- Zum einen ist der Verfasser Medizininformatiker. Medizin und Gesundheitsversorgung ist 'sein' Anwendungsgebiet, auf dem er seit mehreren Jahrzehnten arbeitet.
- Zum anderen und hier wichtiger ist, dass es sich besonders im Hinblick auf die Behandlung von Patienten um ein Anwendungsgebiet mit spezifischen Eigenschaften handelt und dass diese Eigenschaften für die Konstruktion des SYnENZ-Tests wichtig waren.

Die Behandlung von Patienten soll hier sehr breit definiert werden. Es geht um Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, die durch *Behandelnde*, das sind in der Regel Fachkräfte in Gesundheitsberufen (Ärztinnen/Ärzte, Pflegekräfte, ...), für Patienten erbracht werden. Diese Maßnahmen der Gesundheitsversorgung können Maßnahmen der Prävention, der Diagnostik, der Therapie und der Pflege umfassen (eine differenziertere Betrachtung dazu befindet sich in [4], S. 184-187, Abschnitt 18.3 Lebenssituationen). Von Bedeutung ist, dass die Beziehung zwischen Patienten und Fachkräften in Gesundheitsberufen „durchgehend asymmetrisch“ ist ([12], S. 15): Patienten benötigen Maßnahmen der Gesundheitsversorgung und Fachkräfte in Gesundheitsberufen wollen diese Maßnahmen der Gesundheitsversorgung erbringen ([12], S. 15-19).

Die oben bei Behandelnden gemachte Einschränkung „in der Regel“ bezieht darauf, dass die Behandlung von Patienten auch von anderen Entitäten erbracht werden kann. Dies können beispielsweise pflegende Angehörige sein, die häufig einen wichtigen Beitrag in der Gesundheitsversorgung von Patienten leisten ohne selbst Fachkräfte der Gesundheitsversorgung sein zu müssen. In dieser Ausarbeitung soll es jedoch um den Beitrag von Maschinen gehen, dies im Rahmen des erweiterten Zusammenwirkens von Menschen und solchen intelligenten Maschinen.

### 3.2 Aufbau des SYnENZ-Tests

In dem SYnENZ-Test gibt es drei *Entitätsgruppen*.

Die erste Entitätsgruppe umfasst

(PAT) Patienten  $\text{PAT} := \{\text{PAT}_1, \dots, \text{PAT}_{n_{\text{PAT}}}\}$ ,  $n_{\text{PAT}} \geq 2$ ,  
d.h. Menschen, die Behandlung benötigen.

Die zweite Entitätsgruppe umfasst Behandelnde. Diese sind eingeteilt in zwei *Behandlungsteams*,

- einem Behandlungsteam (HCP)  
mit Fachkräften in Gesundheitsberufen (engl.: health care professionals)  
 $\text{HCP} := \{\text{HCP}_1, \dots, \text{HCP}_{n_{\text{HCP}}}\}$ ,  $n_{\text{HCP}} \geq 1$ ,  
d.h. Menschen, die Behandlung erbringen, wobei dies das Treffen von Entscheidungen oder die maßgebliche Mitwirkung an Entscheidungen über die Art der Behandlung mit einschließt,
- und einem Behandlungsteam (H&M)

$\text{H\&M} := \text{HCP} \cup \text{M}$ , mit  $\text{M} := \{\text{M}_1, \dots, \text{M}_{n_{\text{M}}}\}$ ,  $n_{\text{M}} \geq 1$ ,

welches sowohl aus Menschen, die Behandlung erbringen, als auch aus intelligenten Maschinen besteht. **M** schließt nur solche Maschinen ein, die ebenfalls Behandlung erbringen, wobei auch für **M** gilt, dass dies das Treffen von Entscheidungen oder die maßgebliche Mitwirkung an Entscheidungen über die Art der Behandlung mit umfasst.

Entitäten in den Behandlungsteams HCP und H&M sollten natürlich hinreichend qualifiziert sein, um eine solche Behandlung kompetent erbringen zu können.





Die dritte Entitätsgruppe umfasst

(IR) Fragesteller (engl. interrogator)  $\mathbf{IR} := \{\mathbf{IR}_1, \dots, \mathbf{IR}_{n_{\mathbf{IR}}}\}$ ,  $n_{\mathbf{IR}} \geq 1$ .

Analog zum Turing-Test sind dies Personen, die den Erfolg der Behandlung von Patienten ermitteln und analysieren. Auch diese Fragesteller sollten natürlich hinreichend qualifiziert sein, in diesem Fall um eine solche Bewertung kompetent vornehmen zu können.

Damit wie bei dem Turing-Test der bzw. die Fragesteller unvoreingenommen bleiben – dort konnte ein Fragesteller durch die Art der Kommunikation nicht unmittelbar erkennen, wer Mensch und wer Maschine ist – wäre es hier hilfreich, dass der bzw. die Fragesteller nicht wissen, ob die Behandlung von Patienten allein von Menschen oder gemeinsam von Mensch und Maschine durchgeführt wurde, einschließlich der dafür zu treffenden Entscheidungen. Auch bei der Unvoreingenommenheit von Patienten könnte es hilfreich sein, nicht zu wissen aus welchen Entitäten ihr Behandlungsteam besteht, um dadurch nicht in die eine oder andere auf den Behandlungserfolg einwirkende Richtung subjektiv beeinflusst zu werden.

### 3.3 Eine vorläufige, in Analogie zum Turing-Test formulierte Fassung des SYnENZ-Tests

#### 3.3.1 Der Test

Es seien (PAT), (HCP), (H&M) und (IR) Entitäten wie 3.2 angegeben. (PAT) benötigen aufgrund eines Gesundheitsproblems (einer Erkrankung, ...) eine Behandlung (um eine Erkrankung zu heilen, zu lindern, einem Entstehen vorzubeugen, ...). (HCP) und (H&M) sind Behandlungsteams, welche die Kompetenz haben, diese Behandlung erbringen zu können. Bei (IR) liegt die Kompetenz vor, eine Bewertung des Erfolgs dieser Behandlung vorzunehmen.

Zudem sei

- (PAT) in zwei *Patientengruppen* aufgeteilt. In jeder Patientengruppe ist mindestens ein Patient. Eine der beiden Patientengruppen wird von (HCP) behandelt, die andere von (H&M).

In dieser Fassung des SYnENZ-Tests ermittelt (IR) die Behandlungsergebnisse all dieser Patienten und (IR) weiß, dass eine Patientengruppe von (HCP) und eine von (H&M) behandelt wurde. Um unvoreingenommen zu bleiben, weiß (IR) jedoch vor der Bewertung nicht, welche der beiden Patientengruppen von (HCP) und welche von (H&M) behandelt wurde.

Die zu Beginn gestellte Frage erweiterten Zusammenwirkens (engl.: extended collaboration) zwischen Menschen und Maschinen soll über zwei mögliche Aussagen (engl.: statements) beantwortet werden:

- So** Wenn (IR) keine Unterschiede in den Erfolgen der Behandlung von Patienten in den beiden Patientengruppen erkennen kann, dann kann das Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bei (H&M) nicht als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

Wenn (IR) Unterschiede in den Erfolgen der Behandlung von Patienten in den beiden Patientengruppen erkennen kann (ohne, um unvoreingenommen zu bleiben, zu wissen, ob die Behandlung durch (HCP) oder durch (H&M) erfolgreicher war), muss anschließend festgestellt werden, welche Patientengruppe erfolgreicher behandelt wurde.



Wurde die erfolgreicher behandelte Patientengruppe durch (HCP) behandelt, dann kann das Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bei (H&M) ebenfalls nicht als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

- Sec** Wurde die erfolgreicher behandelte Patientengruppe durch (H&M) behandelt, dann sollte dieses Zusammenwirken bei (H&M) als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

### 3.3.2 Beispiel

Anhand eines fiktiven Beispiels soll verdeutlicht werden, wie ein solcher zwar erst vorläufiger, jedoch in dieser Variante dem Turing-Test ähnlicher SYnENZ-Test aussieht.

Die zu untersuchende Frage in diesem Beispiel: Bei Patienten, die an einer Erkrankung gelitten und die einen stationären Klinikaufenthalt gehabt haben, soll erreicht werden, dass diese nach Rückkehr in ihr normales Lebensumfeld wieder selbständig und selbstbestimmt leben und ggf. arbeiten können. Die hierfür zu erbringende Behandlung umfasst Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, die diese Rückkehr in ein normales Lebensumfeld ermöglichen sollen und deren Erfolg gemessen werden kann. Zwei Behandlungsteams behandeln diese Patienten: ein interdisziplinäres Team mit Ärzten, Pflegekräften und Physiotherapeuten sowie ein Team, das ebenfalls aus diesen Fachkräften in Gesundheitsberufen besteht, indem jedoch auch eine intelligente, auf diese Behandlung spezialisierte Maschine beteiligt ist.

Der Verfasser hat sich bei diesem fiktiven Beispiel an zwei konkret durchgeführte Studien angelehnt: der GAL-NATARS-Studie ([13], [14], [15]) und der AGT-Reha-WK-Studie ([16], [17], [18]). Beide Studien sind in [19] als Beispiele einführend (und, so hofft der Verfasser, prägnant) beschrieben. In diesen Studien ging es um Sturz-Patienten (GAL-NATARS-Studie) bzw. um Patienten mit Schulterbeschwerden (AGT-Reha-WK-Studie), bei denen untersucht wurde, inwieweit nach deren stationären Klinikaufenthalt Leben und ggf. Arbeiten im normalen Lebens- bzw. Arbeitsumfeld wieder möglich war.

Es sei eine dem Turing-Test vergleichbare – wohlgernekt fiktive – Untersuchung mittels des vorläufigen SYnENZ-Tests durchgeführt worden. IR wurde berichtet, dass die Behandlungsteams HCP und H&M jeweils 10 Patienten behandelt hatten. Ohne dass IR schon wusste, welches Behandlungsteam welche Patientengruppe behandelt hatte, wurden IR die Ergebnisse vorgelegt. In der ersten Gruppe wurden 6 Patienten erfolgreich behandelt, in der zweiten Gruppe 5. Aufgrund der geringen Differenz entschied IR, dass Aussage S<sub>AE</sub> zu gelten hat, also dass das Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bei (H&M) nicht als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden. Anschließend erfuhr IR, dass die erste Patientengruppe von H&M und die zweite von HCP behandelt wurde.

### 3.3.3 Vor- und Nachteile

Diese vorläufige Fassung des SYnENZ-Tests soll die Analogie des SYnENZ-Tests zum Turing-Test verdeutlichen. Unterschiede, zumindest wesentliche, gibt es bei der Frage, die transponiert aufgrund des Tests beantwortet werden soll – FSyENZ anstelle von FTuring. Zudem wird bei den zu befragenden Entitäten weiter differenziert – im Turing-Test sind es Menschen und Maschinen; im SYnENZ-Test sind es Patienten, die eine Behandlung benötigen sowie Fachkräfte in Gesundheitsberufen oder Fachkräfte in Gesundheitsberufen gemeinsam mit Maschinen, die diese Behandlung erbringen.



Wie der Turing-Test hat dieser vorläufige SYnENZ-Test den Vorteil, dass er leicht zu verstehen ist. Zudem dürfte es auch hier plausibel sein, dass die Frage des erweiterten Zusammenwirkens zwischen Menschen und intelligenten Maschinen dann wohl mit ja beantwortet werden muss, wenn in dem SYnENZ-Test die Aussage  $S_{ec}$  zutrifft. Nicht zuletzt ist es gut vorstellbar ist, Untersuchungen mit solchen SYnENZ-Tests durchführen zu können.

Aber es gibt auch einige Schwächen. So ist z.B. nicht klar

- wie Patienten für diesen Test ausgewählt wurden,
- wie viele Patienten aufgrund welcher Überlegungen dazu in die Untersuchung eingeschlossen wurden,
- wie die Zuordnung von Patienten zu den Behandlungsgruppen von HCP bzw. von H&M erfolgte und
- wie die Aussage, ob ein erweitertes Zusammenwirken besteht ( $S_{ec}$ ) oder nicht ( $S_{\bar{e}}$ ), auf Basis der Behandlungsergebnisse durch (IR) abgeleitet wurde.

Die nachfolgend vorgeschlagene erweiterte Fassung soll diese Schwächen beseitigen.

### 3.4 Die vollständige Fassung des SYnENZ-Tests

#### 3.4.1 Hinweise zur Methodik

Für diese vollständige Version des SYnENZ-Tests werden wir 'klassische' Ansätze der Versuchsplanung und des statistischen Testens nutzen. Das Fachgebiet, das sich im Anwendungsgebiet Medizin und Gesundheitsversorgung mit dieser Methodik beschäftigt, ist die Medizinische Biometrie bzw. Medizinische Statistik. Einführende Lehrbücher sind z.B. [20], [21] und [22]. Für Interessierte an der Entwicklung dieses Gebietes in Deutschland sei auf [23] und [24] hingewiesen.

In der statistischen Testtheorie ziehen wir eine Stichprobe aus einer Grundgesamtheit, z.B. von Patienten, die an einer bestimmten Erkrankung leiden. Diese Patienten können, z.B., mit zwei verschiedenen Therapien behandelt werden. Beim Testen dieser Stichprobe unterscheiden wir zwischen einer Nullhypothese (oft als  $H_0$  bezeichnet), dass kein Unterschied zwischen diesen beiden Behandlungen gefunden werden kann, und einer Alternativhypothese (oft als  $H_1$  bezeichnet), dass wir annehmen müssen, dass Unterschiede zwischen diesen beiden Therapien existieren.

Auf weitere Details z.B. zu Fehlerarten (Fehler 1. und 2. Art) und deren Wahrscheinlichkeiten (meist mit a und b bezeichnet), zur Stichprobenumfangsberechnung (z.B. auf Basis von Erfolgsraten der Therapien) oder zu Studientypen (Beobachtungsstudien, Interventionsstudien, ...) soll hier nicht eingegangen werden. Es ist jedoch festzuhalten, dass randomisierte Studien, in denen Patienten streng zufällig zu Therapien zugeteilt werden, weltweit zum 'Goldstandard' bei Interventionsstudien geworden sind ([24], S. 6), und dass eine Verblindung – einfache Verblindung: Patienten wissen nicht, welche Behandlung sie erhalten haben, doppelte Verblindung: Patienten und Behandelnde wissen nicht, welche Behandlung die Patienten erhalten haben – hilfreich ist, um Behandlungserfolge unvoreingenommen bewerten zu können ([20], S. 32-33).

Zu beachten ist, dass in der statistischen Testtheorie Entscheidungen über  $H_0$  und  $H_1$  asymmetrisch sind: Entweder kann  $H_0$  nicht verworfen werden oder  $H_1$  muss angenommen werden. Dies ist ein Unterschied zu den symmetrischen Entscheidungen durch die Aussagen  $S_{\bar{e}}$  und  $S_{ec}$  in der vorläufigen Version.

Zudem sei darauf hingewiesen, dass bei Studien mit Patienten strenge ethische und rechtliche Bestimmungen eingehalten werden müssen. Dies gilt insbesondere für die Planung, Durchführung und Auswertung klinischer Studien, die gerade bei Therapiestudien ja Experimente am Menschen sind und für die die Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes ([25]) eine wichtige Grundlage bildet. Diese Vorschriften müssen berücksichtigt werden, werden aber auch hier nicht weiter besprochen.

#### 3.4.2 Der Test

Es seien wieder (PAT), (HCP), (H&M) und (IR) Entitäten wie 3.2 angegeben. (PAT) benötigen aufgrund eines Gesundheitsproblems (einer Erkrankung, ...) eine Behandlung (um eine Erkrankung zu heilen, zu lindern, einem Entstehen vorzubeugen, ...). (HCP) und (H&M)



sind Behandlungsteams, welche die Kompetenz haben, diese Behandlung erbringen zu können. Bei (IR) liegt die Kompetenz vor, eine Bewertung des Erfolgs dieser Behandlung vorzunehmen.

Zudem sei erneut

- (PAT) in zwei Patientengruppen aufgeteilt. Eine Patientengruppe wird von (HCP) behandelt, die andere von (H&M).

Wie schon in der vorläufigen Fassung des SYnENZ-Tests ermittelt (IR) die Behandlungsergebnisse all dieser Patienten und (IR) weiß, dass eine Patientengruppe von (HCP) und eine von (H&M) behandelt wurde. Um unvoreingenommen zu bleiben, weiß (IR) jedoch erneut nicht, welche der beiden Patientengruppen von (HCP) und welche von (H&M) behandelt wurde.

Und wie in der einfachen Fassung soll die zu Beginn gestellte Frage erweiterten Zusammenwirkens zwischen Menschen und Maschinen in transponierter Form über den SYnENZ-Test beantwortet werden.

In der erweiterten Fassung des SYnENZ-Tests verwenden wir vergleichende Interventionsstudien als Studientyp, die bevorzugt als randomisierte Studien geplant und durchgeführt werden sollten: Jeder Patient  $PAT_1, \dots, PAT_{nPAT}$  wird streng zufällig einer der beiden Patientengruppen zugeteilt, von denen die eine durch HCP und die andere durch H&M behandelt wird.

In einer solchen randomisierten Studie und auf der Grundlage eines geeigneten statistischen Tests testen wir die Hypothesen

**$H_{ec_0}$**  Es gibt keinen Unterschied bei dem Behandlungserfolg durch die beiden Behandlungsteams und damit auch kein erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen (also die Nullhypothese, ' $H_0$ ').

**$H_{ec_?}$**  Es gibt einen Unterschied bei dem Behandlungserfolg durch die beiden Behandlungsteams (also die Alternativhypothese, ' $H_1$ '). Hier muss dann unterschieden werden:

**$H_{ec_1}$**  Ist (HCP) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann kann das Zusammenwirken bei (H&M) nicht als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

**$H_{ec}$**  Ist (H&M) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann sollte dieses Zusammenwirken bei (H&M) als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

In anderen Worten: Falls (IR) nach der Durchführung einer randomisierten Studie zu einer bestimmten Behandlung von Patienten und nach der Analyse der Behandlungsergebnisse mit Hilfe dieses statistischen Tests

- keine Unterschiede in den Erfolgen der Behandlung von Patienten in den beiden Patientengruppen erkennen kann, dann kann die Nullhypothese, dass es kein erweitertes





Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen gibt, nicht verworfen werden.

Wenn aber (IR)

- Unterschiede in den Erfolgen der Behandlung von Patienten in den beiden Patientengruppen erkennen kann und damit die Alternativhypothese angenommen werden muss, dann gibt es zwei Fälle zu unterscheiden:
  - Ist (HCP) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann gibt es kein,
  - ist jedoch (H&M) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann gibt es ein erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen.

### 3.4.3 Beispiel

Anhand eines fiktiven Beispiels soll wieder verdeutlicht werden, wie ein solcher (nun vollständiger) SYNENZ-Test aussehen kann.

Die zu untersuchende Frage sei dieselbe wie in dem ersten Beispiel. Bei Patienten, die an einer Erkrankung gelitten und die einen stationären Klinikaufenthalt gehabt haben, soll erreicht werden, dass diese nach Rückkehr in ihr normales Lebensumfeld wieder selbständig und selbstbestimmt leben und ggf. arbeiten können. Die hierfür zu erbringende Behandlung umfasst Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, die diese Rückkehr in ein normales Lebensumfeld ermöglichen sollen und deren Erfolg gemessen werden kann. Zwei Behandlungsteams behandeln diese Patienten: ein interdisziplinäres Team mit Ärzten, Pflegekräften und Physiotherapeuten sowie ein Team, das ebenfalls aus diesen Fachkräften in Gesundheitsberufen besteht, indem jedoch auch eine intelligente, auf diese Behandlung spezialisierte Maschine beteiligt ist.

Wie in 3.3.2 weiter ausgeführt hat sich der Verfasser auch bei diesem fiktiven Beispiel wieder an den beiden konkret durchgeführten Studien angelehnt: der GAL-NATARS-Studie und der AGT-Reha-WK-Studie (einführende Beschreibung in [19]).

Zunächst muss ein statistisches Modell erstellt werden.

Nehmen wir an, dass das Behandlungsergebnis dichotom ist und dass das Ergebnis entweder erfolgreich (+) oder nicht erfolgreich (-) ist.

Es bezeichne  $P_{ij}$ ,  $i \in \{\text{HCP}, \text{H\&M}\}$ ,  $j \in \{+, -\}$  die Wahrscheinlichkeit, dass die Behandlung einer Person durch das Behandlungsteam  $i$  den Behandlungserfolg  $j$  erbracht hat.

Unsere Hypothesen zum erweiterten Zusammenwirken von Menschen und Maschinen lauten:

**H-ec<sub>0</sub>**  $P(j | \text{HCP}) = P(j | \text{H\&M})$  oder anders formuliert  $P_{ij} = P_i \cdot P_j$  für alle  $ij$ .

Es gibt keine Erfolgsunterschiede in der Behandlung durch die beiden Behandlungsteams und damit auch kein erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen (also die Nullhypothese, 'H<sub>0</sub>').

Falls (IR) nicht zwischen den Behandlungsergebnissen der beiden Gruppen unterscheiden kann oder wenn die Gruppe mit dem besseren Ergebnis von (HCP)





behandelt wurde, kann die Zusammenarbeit von (H&M) nicht als erweitertes Zusammenwirken bezeichnet werden;

**Hec<sub>2</sub>**  $P(j | HCP) \neq P(j | H\&M)$  oder anders formuliert  $P_{ij} \neq P_i \cdot P_j$  für mindestens ein  $ij$ .

Es gibt Erfolgsunterschiede in der Behandlung durch die beiden Behandlungsteams (also die Alternativhypothese, 'H<sub>1</sub>'). Hier muss dann unterschieden werden:

**H<sup>-</sup>ec<sub>1</sub>**  $P(+ | HCP) > P(+ | H\&M)$ ; ist (HCP) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann kann das Zusammenwirken bei (H&M) nicht als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

**Hec**  $P(+ | H\&M) > P(+ | HCP)$ ; ist (H&M) das erfolgreichere Behandlungsteam, dann sollte dieses Zusammenwirken bei (H&M) als erweitertes Zusammenwirken von Menschen und intelligenten Maschinen bezeichnet werden.

Als statistischer Test kann hier der 'klassische'  $\chi^2$ -Test nach Pearson ([26]) genutzt werden (vgl. z.B. [20], S. 287-290). Die Teststatistik lautet:

$$T := \sum_i \sum_j (n_{ij} \cdot \hat{E}(n_{ij})^2 / \hat{E}(n_{ij}) \quad \text{mit} \quad \hat{E}(n_{ij}) := n_{i.} \cdot n_{.j} / n_{..}$$

Wir wollen in diesem Beispiel weiterhin annehmen, dass die Behandlung dieser Patienten durch ein interdisziplinäres Team mit Ärzten, Pflegekräften und Physiotherapeuten schon länger eingeführt ist und dass die Erfolgsrate dieser Behandlung bei 70% liegt. Die Behandlung durch Behandlungsteams, in denen zusätzlich zu solchen Fachkräften in Gesundheitsberufen auch eine intelligente, auf diese Behandlung spezialisierte Maschine beteiligt ist, soll nun neu erprobt werden. Um diese neue Art der Behandlung einzuführen wären erhebliche Aufwände nötig. Es wird festgelegt, dass die Erfolgsrate um 10% höher als bei der bereits eingeführten Behandlung liegen und damit mindestens 80% betragen soll.

Auf Basis dieser Festlegung und nach der weiteren Festlegung, dass der Fehler 1. Art bei  $\alpha := 5\%$  sowie der Fehler 2. Art bei  $\beta := 10\%$  liegen soll, kann der notwendige Stichprobenumfang bestimmt werden: Er beträgt hier 176 Patienten.

Informationen zur Bestimmung eines passenden Stichprobenumfangs finden sich z.B. in [20], S. 444-452. Diese Berechnung wurde mit Hilfe von G\*Power ([27], [28]) ermittelt. Die Umrechnung der anstelle der Erfolgsraten benötigten Effektstärke, hier 0,245, erfolgte mit Hilfe von [29].

Es sei eine – wohlgermerkt wieder fiktive – Studie durchgeführt worden, und zwar als randomisierte Doppelblindstudie. Die 176 Patienten werden streng zufällig auf die beiden Behandlungsteams HCP und H&M aufgeteilt. Doppelblind bedeutet in diesem Fall, dass weder Patienten wissen, ob deren Behandlungsteam neben Fachkräften in Gesundheitsberufen auch aus intelligenten Maschinen besteht und dass die Fragesteller ebenfalls nicht wissen, welche Patientengruppen durch welche Behandlungsteams behandelt wurden.



Die Studie brachte folgendes Ergebnis

Behandlungs- team	Behandlungserfolg		$\Sigma$
	+	-	
H&M	63 (72%)	25 (28%)	88
HCP	59 (67%)	29 (33%)	88
$\Sigma$	122 (69%)	54 (31%)	176 (31%)

Es ergibt sich als Teststatistik der Wert  $T = 0,43$  (kritische Schranke: 3,84, p-Wert: 0,51). Insofern kann  $H_{ec}$ , d.h. die Nullhypothese, dass kein erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen besteht, nicht verworfen werden.

### 3.4.4 Vor- und Nachteile

Wie in der vorläufigen Fassung hat auch diese vollständige Fassung des SYnENZ-Tests den Vorteil, dass die Umsetzung der Frage erweiterten Zusammenwirkens sinnvoll erscheint und dass es gut vorstellbar ist, Studien mittels solcher SYnENZ-Tests durchführen zu können.

Der Test sollte zumindest in seinem Testaufbau und in seinen Hypothesen immer noch leicht zu verstehen sein, obwohl mehr methodische Kenntnisse in der Versuchsplanung und im statistischen Testen notwendig sind, um Details zu beurteilen zu können.

Auch die hier explizit erwähnte Differenzierung der beiden Fälle nicht vorhandenen Zusammenwirkens – im Fall der Nullhypothese kann diese nicht verworfen werden, im Fall der Alternativhypothese wird entschieden, dass dieses Zusammenwirken nicht vorliegt – erscheint komplizierter. Hier ist zu ergänzen, dass der Test in dem Beispiel als zweiseitiger Test ausformuliert wurde. Hätte man einen einseitigen Text gewählt (was durchaus Sinn macht), dann gäbe es weiterhin nur eine Nullhypothese  $H_{ec}$ , die nicht verworfen werden könnte oder eine Alternativhypothese  $H_{ec}$ , die anzunehmen wäre.

Und der durchaus wesentliche Vorteil, die Schwächen der vorläufigen Fassung des Tests zu beheben, hat gleichzeitig den Nachteil, dass die Planung, Durchführung und Auswertung solcher Experimente aufwändiger wird.

Ein weiterer Vorteil ist, dass wir die gut ausgearbeitete Methodik zur Versuchsplanung und zum statistischen Testen nutzen können. Im Anwendungsgebiet Medizin und Gesundheitsversorgung ist diese Methodik seit Jahrzehnten erfolgreich etabliert ([24]).

## 4 Diskussion

### 4.1 Weitere Hinweise zu dieser Ausarbeitung

Diese Ausarbeitung beschreibt methodische Überlegungen in einem frühen Stadium. Durchaus wünschenswert wäre gewesen, wenn zumindest schon eine konkrete Studie mit dem SYnENZ-Test durchgeführt worden wäre. Andererseits sollten diese methodischen Überlegungen aber auch frühzeitig kommuniziert werden, da sie evtl. auch für andere Personen hilfreich sind, um Fragen des erweiterten Zusammenwirkens empirisch überprüfen zu wollen.



Zwei Punkte mit Bezug zu Alan Turings eingangs zitierter Arbeit: Mit dem SYnENZ-Test lässt sich (wie gesagt aus Sicht des Verfassers) empirisch nachweisen, ob erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen besteht. Warum dies so ist und auf welchen Prinzipien oder Methoden dies beruht, erklärt der Test nicht. In [7] versucht Alan Turing, nach Vorstellung seines Tests, zu überlegen, wie solche Prinzipien oder Methoden besser verstanden werden können. Interessant ist zudem, warum er bei seinem Test nicht auch die damals schon einigermaßen etablierte Versuchsplanung, verbunden mit der Anwendung statistischer Testtheorie angewandt hat – der hier genutzte  $\chi^2$ -Test nach Pearson wurde z.B. fast 50 Jahre früher veröffentlicht. Eine Möglichkeit könnte sein, dass die Anwendungsgebiete solcher empirischen Ansätze, u.a. damals die Landwirtschaft und die vor allem der angewandten Statistik zuordenbaren methodischen Überlegungen, bei ihm und bei Arbeiten in seinem Themenbereich nicht hinreichend bekannt waren.

Der SYnENZ-Test liefert eine Vorgehensweise, mit der erweitertes Zusammenwirken festgestellt werden kann. Es gibt allerdings Ermessensspielräume bei dem Testaufbau: Wann können Maschinen als „intelligente Maschinen“ bezeichnet werden bzw. wann sind sie „funktional umfassend“ und treffen „komplexe Entscheidungen“ (vgl. 1.2)? Zudem hängt hier die Aussage des erweiterten Zusammenwirkens von dem Erfolg bei dem (gemeinsamen) Lösen einer Aufgabe ab. Dieses Ergebnis-orientierte Denken ist typisch für die Medizin und Gesundheitsversorgung, insbesondere bei der Behandlung von Patienten, und hat sich dort bewährt. Dies muss aber nicht überall gelten.

In der Therapieforschung und dort bei klinischen Prüfungen werden bei der Evaluation üblicherweise vier Phasen unterschieden: Erst nachdem die Phasen I (Pharmakokinetik, Dosis-Wirkungsbeziehung) und II (Verträglichkeit, prinzipielle Wirksamkeit) erfolgreich durchlaufen wurden, darf in einer Phase III mittels kontrollierter klinischer Studien ein Wirksamkeitsnachweis an einer größeren Zahl von Patienten untersucht werden. Es erfolgt dann, nach Zulassung, in einer Phase IV eine weitere Überwachung des Therapieerfolgs und möglicher unerwünschter Wirkungen (vgl. z.B. [20], S. 51). Der hier vorgeschlagene SYnENZ-Test untersucht ganz allgemein die Frage erweiterten Zusammenwirkens. In diesem Schema lässt er sich insbesondere in Phase III einordnen. In [30] beschreibt David Spiegelhalter in einer thematisch verwandten Arbeit Evaluationsansätze für intelligente Maschinen (wohl ohne die Ausrichtung auf erweitertes Zusammenwirken), in der dieses 4-Phasen-Schema explizit aufgriffen und dessen Anwendung empfohlen wird.

## 4.2 Erweiterbarkeit auf andere Szenarien erweiterten Zusammenwirkens

Wie in 3.1 geschrieben, beschränkt sich in dieser Ausarbeitung die Beschreibung des SYnENZ-Tests auf das erweiterte Zusammenwirken von Menschen und Maschinen bei dem Anwendungsfall der Behandlung von Patienten. Eine Erweiterung

- auf andere Anwendungsfälle im Anwendungsgebiet Medizin und Gesundheitsversorgung und auf Anwendungsfälle in anderen Anwendungsgebieten dürfte dann geben, wenn die jeweiligen Anwendungsfälle einen ähnlichen Aufbau haben: Es gibt eine *Aufgabe*, die von zwei *Teams*, zum einen einer Gruppe von Menschen und zum anderen von einer Gruppe von Menschen und intelligenten Maschinen bearbeitet wird, die anhand von Erfolgskriterien beurteilt werden und die wiederholt durchgeführt werden kann. Eine Erweiterung
- auf andere Entitäten sollte ohne Einschränkungen möglich sein.

Andere, hier nicht behandelte und gut möglich erscheinende Erweiterungen sind die Erweiterung auf mehr als zwei Gruppen von Bearbeitern, die in der Versuchsplanung anstelle



von Studienplänen mit zwei Stichproben auf Studienpläne mit mehr als zwei Stichproben abgebildet werden können und die bei Aufstellung des statistischen Modells und der Hypothesen entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Interessant ist natürlich auch die Frage, wenn eine Gruppe von Bearbeitern aus der Menge  $M$  besteht, dies besonders dann, wenn das Ergebnis eines SYnENZ-Tests beispielsweise bei der Behandlung von Patienten eine Überlegenheit von  $M$  gegen über HCP oder H&M ergeben hätte.

Der SYnENZ-Test dürfte auf zahlreiche Anwendungsszenarien anwenden lassen. Dazu zählen Fragen der gemeinsamen Behandlung von Patienten durch Menschen und intelligente Maschinen, sei es in der Prävention, der Diagnostik, der Therapie, der Pflege oder in Kombinationen davon (vgl. z.B. [4] und die dortigen Literaturverweise). Hingewiesen sei hier auf die Möglichkeit neuer Versorgungsformen durch solche gemeinsamen Behandlungen, beispielsweise durch entsprechend ausgestattete Wohnungen, die sich als intelligente Maschinen an der Betreuung von Personen mit Gesundheitsrisiken (z.B. Gebrechlichkeit, erhöhtes Sturzrisiko) beteiligen und bei der die Wohnung sozusagen als maschineller Diener an der Gesundheitsversorgung von Personen beteiligt ist (weitere Details ebenfalls in [4], vgl. auch [6], [15]).

#### 4.3 Der SYnENZ-Test und die Leitfragen der SYnENZ-Kommission

Welchen Beitrag könnte die Nutzung des SYnENZ-Tests für die Beantwortung in 1.1 beschriebenen Leitfragen der SYnENZ-Kommission leisten? Die fünf Fragen lauteten:

- 1 Wie wird unser Zusammenleben in Zeiten zunehmender Digitalisierung in Zukunft aussehen?
- 2 Welche Synergien ergeben sich durch das nun mögliche erweiterte Zusammenwirken von Menschen, Tieren und Pflanzen einerseits und von Maschinen andererseits, d.h. von natürlicher und künstlicher Intelligenz?
- 3 Können wir zwischen bloß zeitgemäßen und angemessenen Formen des Zusammenwirkens unterscheiden?
- 4 Und können wir Empfehlungen geben, um angemessene Formen zu erreichen und um zwar zeitgemäße, aber problematische Formen zu vermeiden?
- 5 Lässt sich ein Grad des Zusammenwirkens bestimmen?

Die Nutzung des SYnENZ-Tests wird – leider – keine Antworten auf diese Fragen liefern. Der Test mag jedoch dazu beitragen, Synergien, die sich aus einem möglichen erweiterten Zusammenwirkens ergeben, besser zu untersuchen und nachvollziehbarere Aussagen darüber zu machen (Beitrag zur Frage 2) sowie den Grad des Zusammenwirkens zu bestimmen (Beitrag zur Frage 5).

#### 4.4 Die Frage des erweiterten Zusammenwirkens transponiert auf den SYnENZ-Test

Mit dem SYnENZ-Test und sozusagen in Analogie zum Turing-Test kann damit die eingangs gestellte Frage erweiterten Zusammenwirkens jetzt transponiert werden auf eine andere Frage, die über diesen SYnENZ-Test – zumindest aus Sicht des Verfassers – empirisch ermittelt und dadurch beantwortet werden kann:

**FSynENZ (transponiert): Muss  $H_{ec}$  nach einem SYnENZ-Test angenommen werden?**  
**Falls ja, dann kann wohl auch FSynENZ: Kann erweitertes Zusammenwirken zwischen Menschen und intelligenten Maschinen festgestellt werden? mit ja beantwortet werden.**





## 5 Ein Aufruf zur Diskussion und zur Erprobung

Der Verfasser wäre dankbar für eine breite kritische Diskussion der vorgestellten Überlegungen. Noch dankbarer wäre er, wenn nicht nur er, sondern auch andere den SYnENZ-Test nutzen würden, um Fragen des erweiterten Zusammenwirkens zwischen Menschen und intelligenten Maschinen zu untersuchen. Erfahrungsgemäß helfen empirische Untersuchungen der Versachlichung von Themen, reduzieren spekulative Debatten und konkretisieren Aktivitäten in Forschung und Anwendung. Dies hilft – und hier soll nochmals der in 1.1. genannte Gegenstand der Arbeit der SYnENZ-Kommission aufgegriffen werden – sowohl die technischen als auch die ethischen und die rechtlichen Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten, die im Zeitalter der Digitalisierung möglich geworden sind, gezielter zu bearbeiten.

### Danksagung

Der Verfasser ist vielen Personen Dank schuldig, die zum Entstehen dieser Ausarbeitung beigetragen haben. Zu nennen sind die Mitglieder der SYnENZ-Kommission der BWG, dort u.a. Otto Luchterhandt (der nach der Bedeutung des Begriffs des erweiterten Zusammenwirkens nachgefragt und dadurch diese Ausarbeitung motiviert hatte), Jochen Steil (dem Organisator des ersten SYnENZ-Zirkels, der den Verfasser u.a. gebeten hatte, über die Turing-Arbeit von 1948 zu referieren und der sich damit nochmals intensiv mit dieser Arbeit beschäftigen dürfte; zudem ermöglichte er dem Verfasser eine erste Vorstellung und Diskussion seiner Überlegungen), Stefan Heuser (dem Organisator des zweiten SYnENZ-Zirkels, dass der Verfasser das Eingangsreferat zu diesem Zirkel, der über Grade des Zusammenwirkens ging, halten und dadurch diese Ausarbeitung vorstellen durfte) sowie Otto Richter (der diese Fassung für das BWG-Jahrbuch erbeten hatte und damit genügend Termindruck für die Fertigstellung herstellte). Dank geht auch an meine Medizininformatik-Kollegen Klaus-Hendrik Wolf und Michael Marscholke in der Kommission für nicht mehr zu zählende Diskussionen dazu. Wertvolle inhaltliche und Literaturhinweise erhielt der Verfasser auch durch Bianca Steiner, Martin Schumacher, Olaf Gefeller und Rudolf Kruse. Nicht zuletzt wurde er bei der Literatuarbeit unterstützt von Nadine Maxrath und Ute Zeisberg.

### Begriffe

Begriff	Abschnitt in dem der Begriff eingeführt wurde	Erläuterung
<i>Aufgabe</i>	4.2	Im SYnENZ-Test: Verallgemeinerung von Behandlung (weitere Details: siehe dort).
<i>Behandelnde</i>	3.1 3.2	erbringen Behandlung, d.h. Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, wobei dies das Treffen von Entscheidungen oder die maßgebliche Mitwirkung an Entscheidungen über die Art der Behandlung mit einschließt,
<i>Behandlung ...</i>	3.1	... von Patienten. Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, die in der Regel durch Fachkräfte in Gesundheitsberufen (Ärztinnen/Ärzte, Pflegekräfte, ...) für Patienten erbracht werden. Diese Maßnahmen der Gesundheitsversorgung können Maßnahmen der Prävention, der Diagnostik, der Therapie und der Pflege umfassen. Die gemachte Einschränkung „in der Regel“





- bezieht sich hier darauf, dass die Behandlung von Patienten auch von anderen intelligenten Maschinen erbracht werden könnte.
- 4.2 Verallgemeinerung auf weitere Szenarien erweiterten Zusammenwirkens: Aufgabe, die zum einen von einer Gruppe von Menschen und zum anderen von einer Gruppe von Menschen und intelligenten Maschinen bearbeitet wird und anhand von Erfolgskriterien beurteilt werden wiederholt durchgeführt werden kann.
- Behandlungsteam* 3.2 Im SYnENZ-Test gibt es zwei Teams mit Behandelnden. Das eine Team besteht aus Fachkräften in Gesundheitsberufen und das andere aus solchen Fachkräften gemeinsam mit intelligenten Maschinen.
- 4.2 Verallgemeinerung auf weitere Szenarien erweiterten Zusammenwirkens: Im SYnENZ-Test gibt es zwei Teams, die zum einen aus einer Gruppe von Menschen und zum anderen aus einer Gruppe von Menschen und intelligenten Maschinen bestehen. Die beiden Teams haben die gleiche Aufgabe zu bearbeiten.
- Entitäten ...* 1.1 ..., mit denen sich die BWG-Kommission Synergie und Intelligenz befasst, sind lebende Entitäten (Menschen, aber auch z.B. Tiere und Pflanzen) sowie nicht lebende Entitäten (Maschinen, ...).
- Entitätsgruppen ...* 3.2 ... im SYnENZ-Test sind Patienten, Behandelnde, Befrager.
- intelligente Maschinen* 1.2 Maschinen, deren Funktionalität so umfangreich ist, dass diese Maschinen komplexe Entscheidungen, wie beispielsweise in der Diagnostik oder wie bei Therapien, treffen können oder zumindest maßgeblich an solchen Entscheidungen mit beteiligt sind. Solche Maschinen sind üblicherweise realisiert als auf Computern implementierte Programme. Ab Abschnitt 3.1 werden diese auch verkürzt als Maschinen bezeichnet, da ab diesem Abschnitt in dieser Ausarbeitung bei Maschinen immer intelligente Maschinen gemeint sind.
- Maschinen* 3.1 Ab Abschnitt 3.1 werden intelligente Maschinen auch verkürzt als Maschinen bezeichnet, da ab diesem Abschnitt in dieser Ausarbeitung bei Maschinen immer intelligente Maschinen gemeint sind.
- Patienten* 3.1 Menschen, die Behandlung, d.h. Maßnahmen der Gesundheitsversorgung, benötigen.
- Patientengruppe* 3.3 Im SYnENZ-Test gibt es zwei Patientengruppen. Die Patienten der einen Gruppe werden von einem Behandlungsteam, das aus Fachkräften in Gesundheitsberufen besteht, behandelt. Die Patienten der anderen Gruppe werden von einem Behandlungsteam, das Fachkräften in Gesundheitsberufen und aus intelligenten Maschinen besteht, behandelt.
- Team* 4.2 Im SYnENZ-Test: Verallgemeinerung von Behandlungsteam (weitere Details: siehe dort).



## Literatur

- [1] Kommission Synergie und Intelligenz: technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ) der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.  
<http://bwg-nds.de/kommissionen/kommission-synenz/>. Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [2] Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (BWG). <http://bwg-nds.de>. Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [3] Jahresberichte der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz: technische, ethische und rechtliche Herausforderungen des Zusammenwirkens lebender und nicht lebender Entitäten im Zeitalter der Digitalisierung (SYnENZ). Die Berichte erscheinen in den Jahrbüchern der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.  
Online bei <http://bwg-nds.de/veroeffentlichungen-jahrbuch-und-abhandlungen/>. Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [4] Haux R. Über das Zusammenwirken von Menschen und 'intelligenten' Maschinen in der Gesundheitsversorgung. Was kann und was soll Informatik leisten? In: Manzeschke A, Niederlag W (Hrsg.). Ethische Perspektiven auf Biomedizinische Technologie, 182-97. Berlin: de Gruyter; 2020.
- [5] Schilling M, Kopp S, Wachsmuth S, Wrede B, Ritter H, Brox T, Nebel B, Burgard W. Towards a multidimensional perspective on shared autonomy. Proc. AAAI Fall Symposium Series, 338-44. Stanford; 2016.
- [6] Steil J, Finas D, Beck S, Manzeschke A, Haux R. Robotic systems in operating theaters: New forms of team-machine interaction in health care. Methods Inf Med. 2019; 58: e14-25.
- [7] Turing AM. Computing machinery and intelligence. Mind. 1950; 59: 433-60.
- [8] DeepL GmbH, [www.deepl.com](http://www.deepl.com). Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [9] Copeland BJ. The Turing Test. Minds and Machines. 2000; 10: 519-39.
- [10] Saygin A, Cicekli I, Akman V. Turing test: 50 years later. Minds and Machines. 2000; 10: 463-518.
- [11] van Bommel JH. Where were you? Reflections on science, philosophy and religion. 2015.
- [12] Gahl K. Begegnung und Verantwortung. Beiträge zu einer ärztlichen Menschenkunde. Karl Alber: Freiburg; 2019.
- [13] Marscholke M, Becker M, Bauer JM, Bente P, Dasenbrock L, Elbers K, Hein A, Kolb G, Künemund H, Lammel-Polchau C, Meis M, Meyer Zu Schwabedissen H, Remmers H, Schulze M, Steen EE, Thoben W, Wang J, Wolf KH, Haux R. Multimodal activity monitoring for home rehabilitation of geriatric fracture patients – feasibility and acceptance of sensor systems in the GAL-NATARS study. Inform Health Soc Care. 2014; 39: 262-71.
- [14] Wang J, Bauer J, Becker M, Bente P, Dasenbrock L, Elbers K, Hein A, Kohlmann M, Kolb G, Lammel-Polchau C, Marscholke M, Meis M, Remmers H, zu Schwabedissen HM, Schulze M, Steen EE, Haux R, Wolf KH. A novel approach for discovering human behavior patterns using unsupervised methods. Z Gerontol Geriatr. 2014; 47: 648-60.
- [15] Haux R, Hein A, Kolb G, Künemund H, Eichelberg M, Appell JE, Appelrath HJ, Bartsch C, Bauer JM, Becker M, Bente P, Bitzer J, Boll S, Büsching F, Dasenbrock L, Deparade R, Depner D, Elbers K, Fachinger U, Felber J, Feldwieser F, Forberg A, Gietzelt M, Goetze S, Gövercin M, Helmer A, Herzke T, Hesselmann T, Heuten W, Huber R, Hülsken-Giesler M, Jacobs G, Kalbe E, Kerling A, Klingenberg T, Költzsch Y, Lammel-Polchau C, Ludwig W, Marscholke M, Martens B, Meis M, Meyer EM, Meyer J, Meyer Zu Schwabedissen H, Moritz N, Müller H, Nebel W, Neyer FJ, Okken PK, Rahe J,



- Remmers H, Rölker-Denker L, Schilling M, Schöpke B, Schröder J, Schulze GC, Schulze M, Siltmann S, Song B, Spehr J, Steen EE, Steinhagen-Thiessen E, Tanschus NM, Tegtbur U, Thiel A, Thoben W, van Hengel P, Wabnik S, Wegel S, Wilken O, Winkelbach S, Wist T, Wolf KH, Wolf L, Zokoll-van der Laan M; Lower Saxony Research Network GAL. Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies – outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL). *Inform Health Soc Care*. 2014; 39: 166-87.
- [16] Wolf, K.-H. et al.; Studiengruppe AGT-Reha. Evaluation der Wirksamkeit und Kosten der poststationären häuslichen Tele-Rehabilitation mit AGT-Reha im Vergleich zur Medizinischen Trainingstherapie. Bericht mit Studienplan. 2016.
- [17] Steiner B, Elgert L, Haux R, Wolf KH. AGT-Reha-WK study: Protocol for a non-inferiority trial comparing the efficacy and costs of home-based telerehabilitation for shoulder diseases with medical exercise therapy. *BMJ Open*. 2020; 10: e036881.
- [18] Steiner B, Elgert L, Saalfeld B, Schwartze J, Bormann HP, Kobelt-Pönicke A, Figuelewicz A, Kasprowski D, Thiel M, Kreikebohm R, Haux R, Wolf KH. Health-enabling technologies for telerehabilitation of the shoulder: A feasibility and user acceptance study. *Methods Inf Med*. 2020; 59: e90-9.
- [19] Haux R, Karafyllis N. Methodisch-technische Aspekte der Evaluation erweiterten Zusammenwirkens. In: Haux R, Gahl K, Jipp M, Kruse R, Richter O (Hrsg.). *Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz*, 175-98. Wiesbaden: Springer VS; 2021.
- [20] Gaus W, Muche R. *Medizinische Statistik*. Stuttgart: Schattauer; 2013.
- [21] van Belle G, Fisher LD, Heagerty PJ, Lumley T. *Biostatistics: A methodology for the health sciences*, 2<sup>nd</sup> edition. Hoboken, NJ: Wiley; 2004.
- [22] Rosner B. *Fundamentals of biostatistics*, 8<sup>th</sup> edition. Boston, MA: Cengage Learning; 2015.
- [23] Immich H. (1974). *Medizinische Statistik*. Stuttgart: Schattauer. Online-Fassung in der Intranet-Bibliothek der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS). [www.gmds.de](http://www.gmds.de). Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [24] Schumacher M. Entwicklung klinischer Studien von Paul Martini bis heute. *Drug Research*. 2016; 66: 5-7.
- [25] World Medical Association (WMA). Declaration of Helsinki – ethical principles for medical research involving human subjects. Adopted 1964, last amendment 2013. <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>. Zugegriffen: 3. Februar 2021.
- [26] Pearson K. On the criterion that a given system of derivations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. 1900; 50: 157–75.
- [27] Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007; 39: 175-91.
- [28] Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009; 41:1149-60.
- [29] Lenhard W, Lenhard A. Berechnung von Effektstärken Dettelbach: Psychometrica; 2016. <https://www.psychometrica.de/effektstaerke.html>. Zugegriffen: 3. Februar 2021
- [30] Spiegelhalter D. Should We Trust Algorithms? *Harvard Data Science Review*. 2020; 2. <https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/56lmenzj>. Zugegriffen: 3. Februar 2021.



INTELLIG  
**SYnENZ**  
ERGIE

## Bericht zum 1. SYnENZ Zirkel „Können Maschinen ethisches Verhalten lernen?“ der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz (SYnENZ)

JOCHEN STEIL (Organisator, Mitglied der BWG)  
Institut für Robotik und Prozessinformatik der TU Braunschweig, Mühlenpfordtstraße 23,  
DE-38106 Braunschweig  
E-Mail: j.steil@tu-braunschweig.de

### Der SYnENZ – Zirkel: Format, Hintergrund und Zielsetzung

Nach dem erfolgreichen ersten SYnENZ-Symposium diskutierte die SYnENZ-Kommission im Verlauf des Jahres 2019 Wege und Formate, die inhaltliche Arbeit zu einzelnen Themen zu fortzusetzen und zu intensivieren. Dem Wunsch vieler Mitglieder nach substantiellem Austausch und Diskussion folgend wollte die Kommission dazu im März 2020 erstmalig ein neues Format erproben, den „SYnENZ-Zirkel“: einen thematisch fokussierten, intensiven, tagesfüllenden Workshop mit einer Mischung aus Literaturarbeit, Impulsvorträgen und Diskussionsphasen. Dabei sollte sich das Thema im inhaltlichen Rahmen von SYnENZ bewegen und Bezug auf wesentliche Fragen des realen und potentiellen Zusammenwirkens nehmen. So sollten verschiedene fachliche und persönliche Sichten im Rahmen einer gemeinsamen inhaltlichen Klammer diskutiert werden, um tiefer in Grundsatzfragen des Zusammenwirkens und Zusammenlebens von künstlicher und natürlicher Intelligenz einzudringen. Die thematische Vorbereitung des Zirkels wurde zunächst von Jochen Steil mit Unterstützung von Klaus Gahl übernommen, und dann tatkräftig durch Vorbereitung einzelner Teilverträge von weiteren Mitgliedern der Kommission unterstützt.

### Das Thema: „Können Maschinen ethisches Verhalten lernen?“

Auf Initiative von Jochen Steil, wurde für den ersten SYnENZ-Zirkel ein ebenso aktuelles wie vielfältiges Thema gewählt. Denn schon seit den ersten Anfängen der künstlichen Intelligenz gibt es eine Debatte darum, ob und wie Maschinen menschenähnliches Verhalten und hier speziell angemessenes oder ethisches Verhalten lernen können. Schon Alan Turing argumentierte 1950, dass es dazu sinnvoll sein könnte, eine Maschine wie ein Kind lernen zu lassen. Denn diese lernen scheinbar mühelos das reichhaltige Repertoire sozial angemessenen Verhaltens, nicht zuletzt durch die Fähigkeit, unter Verwendung von Sprache auch hypothetische Handlungen zu bewerten und davon zu lernen. Seitdem hat es viele Argumente dafür gegeben, dass es im Prinzip möglich ist, durch „bottom-up“ Lernen künstliche moralische Agenten zu erhalten. Bisher sind Maschinen jedoch anscheinend nicht in der





Lage, eine hinreichend komplexe soziale Interaktion mit Menschen zu realisieren, in deren Rahmen Regeln für das Verhalten in einer offenen Welt erlernt werden könnten.

Der SYnENZ-Zirkel ist dann einigen der mit diesem Thema verbundenen vielfältigen Fragen nachgegangen: durch Klärung von Begriffen und Positionen, auch auf Basis einiger klassischer Texte; durch einen Blick auf aktuelle maschinelle Lernmethoden; durch die Vorstellung eines potentiellen Beispielpjektes, das direkt versuchen könnte, Daten und empirische Forschung aus dem kindlichen Spracherwerb mit solchem Lernen zu verbinden; und durch die Betrachtung der ethischen Grundlagen von Lernen. Schließlich trugen die Teilnehmer/innen mit ihrer vielfältigen Erfahrung zu den Diskussionen bei und nahmen damit die Fragen in Bezug auf die ethisch-rechtlichen Aspekte der Kommissionsarbeit auf, wie sie im Bericht zu derselben nachzulesen sind.

### Durchführung des 1. SYnENZ-Zirkels

Der zunächst für den 12.03.2020 in den Räumlichkeiten der BWG geplante eintägige SYnENZ-Zirkel konnte dann pandemiebedingt so nicht stattfinden. Es wurde stattdessen ein virtuelles Format mit fünf zweistündigen, ausschließlich virtuellen Sitzungen gewählt. Diese Treffen fanden im Mai und im Juli statt, siehe nachfolgende Tabelle.

Sitzung	Thema	Vortr.	Teiln.
<b>1</b>	Begrüßung(en) und Einführung, Vorstellung der Teilnehmer		
<b>Freitag,</b>	<b>Begriffe und Positionen: Turing</b> , Vortrag und Diskussion	Haux	
<b>29.5.2020,</b>	<b>Begriffe und Positionen: Haidt</b> , Vortrag und Diskussion	Ulmer	
<b>13:30 Uhr</b>	(SYnENZ-Kommission: Berichte, Organisatorisches)		<b>17</b>
<b>2</b>	Begrüßung(en), ... <b>ethischer Turing-Test</b>	Richter	
<b>Donnerstag,</b>	<b>Können Maschinen sozial angemessenes, moralisches, ethisches Verhalten lernen?</b> Vortrag (Vorstellung Projektskizze) und Diskussion	Steil	
<b>2.7.2020,</b>	Begriffe und Positionen: <b>Allen</b> , Vortrag und Diskussion	Heuser	
<b>14:00 Uhr</b>	(SYnENZ-Kommission: Berichte, Organisatorisches)		<b>13</b>
<b>3 Do.,</b>			
<b>9.7.2020,</b>	<b>Lernen und Ethik</b> , Vortrag und Diskussion	Heuser	<b>10</b>
<b>14:00 Uhr</b>			
<b>4 Do.,</b>	<b>Relational Reinforcement Learning</b> , Vortrag, Diskussion	Steil	
<b>16.7.2020,</b>	<b>Prospection</b> , Vortrag und Diskussion	Steil	
<b>13:00 Uhr</b>	<b>Turing-Test erweitertes Zusammenwirken</b> , Vortrag, Disk.	Haux	<b>10</b>
<b>5 Do., 23.7.</b>	<b>Schlußdiskussion</b>	alle	<b>9</b>
<b>14:00 Uhr</b>			





## Inhaltliche Eindrücke

Den Einstieg in die Thematik bot zunächst der genannte Originaltext von Alan Turing, der in erster Linie für den Vorschlag des sogenannten Turing-Testes bekannt ist, daneben aber auch das Lernen von Maschinen, schon lange bevor dies praktisch möglich, war intensiv diskutiert. Dieser Text war offensichtlich eine gute Wahl, denn er inspirierte unmittelbar eine Diskussionen über Möglichkeiten, ethische Turing Tests zu definieren, was von verschiedenen Teilnehmern aufgegriffen und dann im Rahmen des Zirkels in Erweiterung des ursprünglichen Programmes vertieft wurde. Weitere klassische Texte von Haidt und Allen führten dann zu einer vertieften Diskussion über die Notwendigkeit, Reduktionen der komplexen Wirklichkeit des realen menschlichen Verhaltens vorzunehmen, um Bedingungen für erfolgreiches Lernen künstlicher Agenten überhaupt erst herzustellen. Diese Notwendigkeit zeigte sich insbesondere auch darin, dass anscheinend erfolgreiche Lernmodelle typischerweise in sehr eingeschränkten und weitgehend bekannten Domänen funktionieren. Dies bestätigte sich auch im Studium der impliziten Annahmen von modernen maschinellen Lern- und Modellierungsmethoden, wie sie im weiteren Verlauf des Zirkels dann vorgestellt wurden.

Andererseits wurde deutlich, wie gering unser Verständnis der Unterschiede zwischen kindlichem sozialen Lernen und maschinellem Lernen von künstlichen digitalen oder robotischen Agenten bisher ist. Ein solches Verständnis scheint aber notwendig, um das auch in einer vorgestellten aktuellen Projektskizze erwogene kindhafte Maschinenlernen für angemessenes, soziales Verhalten zu implementieren. Einen Ansatz für mehr terminologische Präzision bietet dazu die Unterscheidung von Ethik und Ethos. Ethik ist hier verstanden als universales, zwingendes System von für alle einsehbaren Gründen, wie es sich technisch im Entwurf von ethischen Orakeln für autonome Systeme widerspiegelt, die deduktiv Abwägungen vornehmen sollen, ohne dass Lernen eine Rolle in deren Herstellung spielt. Dagegen fragt Ethos als Lebensform danach, wonach wir streben, was für soziale Wesen angemessen ist und wie diese angemessen und würdig miteinander umgehen können. Entsprechend angemessenes Verhalten ist für ein soziales Miteinander einerseits zwingend notwendig, trifft andererseits offensichtlich aber auf eine wenig reduzierte, offene Welt, in der auch entsprechende technische Agenten zurechtkommen und angemessenes Verhalten zunächst lernen müssten. Doch je offener die Welt, desto anspruchsvoller und für technische Realisierung schwieriger sind die Anforderungen an Verhalten und Lernen, was ein grundlegendes und gut bekanntes Dilemma für maschinelles Lernen ist.

Es ist darüber hinaus naheliegend, dass für die Entwicklung von Lernmethoden für künstliche Agenten in einer offenen realen Welt eine rein statistisch-empirisch Auswertung von Mustern nicht ausreichend ist. Umso mehr wäre Wissen darüber, wie eigentlich Kinder sich Ethos aneignen, d. h. die Maßstäbe angemessenen Verhaltens lernen, hilfreich. Überraschenderweise zeigt sich jedoch, dass genau darüber relativ wenig bekannt ist, so dass der kindliche Lernprozess zur Zeit kaum Vorbild für künstliches Lernen sein kann. Noch ist nicht klar, wie an diesen in sozialer Interaktion für künstliche Intelligenzen anzuknüpfen wäre. Es scheint also, dass unser Verständnis, ob und wie natürliche und künstliche Intelligenzen sozial in einer offenen Welt zusammenwirken, wie dieses Zusammenwirken zu evaluieren oder zu messen wäre und welche Bedeutung es für die Herstellung einer gemeinsamen Wirklichkeit hat, eher am Anfang steht.

Neben diesen Eindrücken, die natürlich stark die subjektiven Schwerpunkte des Berichterstatters wiedergeben, wurden weitere Fragen diskutiert oder zumindest angesprochen, beispielsweise die Frage wie ein ethischer Turing Test im medizinischen Bereich Entscheidungsunterstützungssysteme evaluieren könnte, oder wie tragfähig eigentlich die Unterscheidung von Ethik und Ethos ist, oder welche Rolle Sprache in dem genannten Lernprozess steht.



## **Erfahrungen und 2. SYnENZ Zirkel**

Insgesamt wurde der erste SYnENZ-Zirkel bei den Teilnehmer/innen sehr positiv bewertet, was auch die konstant hohe Beteiligung an den doch relativ vielen Sitzungen anzeigt. Die Diskussionen wurden als produktiv und konstruktiv empfunden und viele Teilnehmer/innen der Abschlussdiskussion gaben an, mit vielen Fragen und Anregungen zurückzubleiben, was von der Kommission als Erfolg gewertet wird. Natürlich konnte die thematische Leitfrage nicht beantwortet werden, was ja auch nicht zu erwarten war, aber man konnte sich ihr zumindest nähern. Besonders erfreulich war auch, dass durch die Diskussionen aufkommende neue thematische Aspekte, wie z. B. Ansätze für ethische Turing-Tests, direkt und flexibel in das Programm integriert werden konnten und zur intensiven Beteiligung vieler Mitglieder der Kommission führten. Im Ergebnis war das Interesse an einer Fortsetzung durchgehend hoch und auch das Format wurde in seiner Mischung aus verschiedenen interaktiven, analyzierenden und informierenden Elementen positiv bewertet. Erfreulicherweise hat im Nachgang Stefan Heuser die Organisation eines 2. SYnENZ-Zirkels zum Thema „Grade des Zusammenwirkens“ übernommen. Geplant sind wieder drei bis vier zweistündige Sitzungen voraussichtlich ab Mitte Januar und im Februar 2021.



**RECOLLECT:**  
**BWG-Querschnittsbereich zur Sammlungsforschung**

# RECOLLECT

PROF. DR. NICOLE C. KARAFYLLIS (Sprecherin von RECOLLECT), Mitglied der Klasse für Geisteswissenschaften

Seminar für Philosophie der TU Braunschweig, Bienroder Weg 80, D-38106 Braunschweig

E-Mail: n.karafyllis@tu-braunschweig.de

## **Hintergrund und Zielsetzung**

RECOLLECT ist der transdisziplinäre Querschnittsbereich der BWG zum Thema Sammlungsforschung. Konzeptuell betrachtet werden Sammlungen, Sammlungsobjekte und das Sammeln selbst. Eine Besonderheit stellt der transdisziplinäre Zugriff dar, d.h. natur- und kulturwissenschaftliche Sammlungen (in Niedersachsen) werden zusammen und jenseits etablierter Ressortlogiken betrachtet, z.B. Museen und Botanische Gärten, Archive und Genbanken.

- **Forschung:** Sammlungskonzepte: Wissensspeicher, Erinnerungsorte, kulturelles Erbe u.a.; interdisziplinäre Vergleichskriterien zu Entstehung, Ordnung, Bestandserhaltung, Organisation, Katalogisierung und Finanzierung bezüglich kultur-, natur- und technikwissenschaftlicher Sammlungen und ihrer Objekte;
- **Lehre:** Sammlungen im Einsatz an Bildungsinstitutionen;
- **Governance:** Begriffsarbeit zu förderpolitisch u. juristisch getrennten Objektsprachen, z.B. die Begriffe „Kulturgut“, „genetische Ressource“, „global commons“ und „public access“;
- (Langfristig angedacht) **Politikberatung:** zu aktuell verhandelten Themen wie Eigentumsansprüche/Remonopolisierung, Restitution, internationale Regelwerke zur Beschränkung des Sammelns (z.B. Nagoya-Protokoll), *trafficking of antiques*, Zeitpolitiken (nachhaltige Finanzierung).

## **Mitglieder**

Der Querschnittsbereich RECOLLECT arbeitet transdisziplinär. Seine Mitglieder sind: Brage Bei der Wieden (Archivwissenschaft/Geschichte), Peter Burschel (Geschichte, Bibliothekswissenschaft), Dietmar Brandes (Botanik), Thomas Döring (Kunstgeschichte), Ulrich Joger (Zoologie, Naturgeschichte), Nicole Karafyllis (Philosophie, Biologie), Jörg Overmann (Mikrobiologie), Henning Steinführer (Archivwissenschaft/Geschichte).

Damit sind folgende Sammlungsinstitutionen am Querschnittsbereich beteiligt:

- Braunschweiger Stadtarchiv
- Niedersächsisches Landesarchiv Abteilung Wolfenbüttel
- Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel
- Herzog Anton Ulrich-Museum, Braunschweig
- DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Braunschweig
- Staatliches Naturhistorisches Museum, Braunschweig
- Botanischer Garten der TU Braunschweig

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



## Bisherige und geplante Aktivitäten

Nach Befürwortung durch das Plenum im Jahr 2019 hielt der Querschnittsbereich RECOLLECT seine konstituierende Sitzung am Freitag, 13. März 2020 um 14.00 Uhr im BWG-Haus – gegen Mittag hatte das Land Niedersachsen einen durch Corona-bedingten Lockdown mit Schulschließungen angekündigt. Entsprechend mussten sich zahlreiche angemeldete Mitglieder von RECOLLECT entschuldigen und akut um die Schließung ihrer Institutionen kümmern. Trotzdem konnte ein Kern aus Natur- und GeisteswissenschaftlerInnen bereits erste Eckpunkte der Zusammenarbeit festlegen:

- (1) Die gemeinsame Begriffsarbeit ist sehr wichtig, der Vergleich von natur- und kulturwissenschaftlichen Sammlungstermini wird als originell und in der Akademienlandschaft einzigartig herausgestellt. Das auch in der Sekundärliteratur oft angemahnte Theoriedefizit zum Thema Sammeln bestätigen die TeilnehmerInnen. Die Frage „Was ist das Objekt des (jeweiligen) Sammelns?“ wird als lohnende transdisziplinäre Fragestellung für alle Sammlungen und zugehörige Forschungen erachtet. Denn oft erscheint die Antwort als selbstverständlich, weshalb Theoriearbeit zur übergreifenden Sammlungsforschung fehlt. Als Beispiele für angenommene Selbstverständlichkeiten mögen die Aussagen dienen: Bibliotheken sammeln Bücher, Mikrobensammlungen sammeln Mikroben. Beim Blick in die Sammlungen wird klar, dass jeweils auch Andersartiges gesammelt wird, von CDs über Musiknoten bis zu Flugblättern und Briefen im Fall von Bibliotheken.
- (2) Alle Sammlungen haben mit der Migration ihrer Objekte zu tun, sei es beim (Ein)Sammeln, beim Verleihen, beim Deakzessionieren, aber auch bei der Kernarbeit von Sammlungen: dem Bewahren und Erhalten. Entsprechend soll „Migration von Objekten“ ein verbindender Themenfokus für die ersten Arbeiten des Querschnittsbereichs sein.
- (3) Als Verwertung der Forschungsarbeit sehen die Mitglieder weniger einen traditionellen Sammelband als vielmehr ein gemeinsames Ausstellungsprojekt als sinnvoll an. Dabei soll es sich um eine Ausstellung an mehreren Orten in der Region Braunschweig handeln, die mit einem gemeinsamen Flyer beworben werden; Thema könnte „Migration“ sein. An jeder Sammlungsinstitution stünde ein migriertes Objekt im Mittelpunkt. Die Ausstellung sollte, wenn möglich, auch durch eine Lehrveranstaltung begleitet werden (z.B. eine Ring-Vorlesung an der TU Braunschweig).

Geplant wurde dies zunächst für 2022, was sich jedoch im Fortgang des Jahres 2020 als unrealistisch herausstellte, da die Museen und ihre Institutionen durch die Corona-Lage ihre Ausstellungen mehrfach verschieben mussten und bis dato nicht langfristig planen können. Die Kommissionsarbeit im Jahr 2020 wurde erheblich beeinflusst durch die SARS-CoV-2-Pandemie. Als nach der Zusammenkunft des Konzils Mitte 2020 die Preisträgerin der Gauß-Medaille 2021 feststand – die Kunsthistorikerin und Sammlungsforscherin Prof. Dr. Bénédicte Savoy (Berlin/Paris) – fanden weitere Zusammenkünfte von RECOLLECT in Form des Festkomitees für die Preisverleihung im April 2021 mit dem von RECOLLECT zu gestaltenden Gauß-Kolloquium statt.





## **„Junge BWG“ Bericht zu den Aktivitäten in 2020**

JANINA BAHNEMANN, Sprecherin der JBWG  
PHILIPP KLAHN, Stellvertretender Sprecher der JBWG

Das Jahr 2020 stand leider ganz im Zeichen der gegenwärtigen COVID-19 Pandemie, so dass die Junge BWG (JBWG) sich der Situation anpassen und neue Formate für ihre Arbeit finden musste. Zu Beginn des Jahres 2020 fand das erste Treffen der Jungen BWG (JBWG) noch in Präsenz statt. Auf der dritten ordentlichen Sitzung, die am 7. Februar 2020 im Haus der BWG abgehalten wurde, stellte sich Dr. Dennis Schlippert (Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften, Leibniz Universität Hannover) der JBWG als neues Mitglied vor.



*Gruppenbild im Rahmen der 3. Ordentlichen Sitzung der Jungen BWG*

Zudem fand mit dem ehemaligen Präsidenten der BWG, Prof. Dr.-Ing. Reimers, ein Austausch über die zukünftige Ausrichtung und die geplanten Projekte der JBWG statt. Eines dieser Projekte sollte die Auftaktveranstaltung des "JBWG Forums 2020: Nachhaltigkeit – Aktuelle Forschung aus Niedersachsen" darstellen, welches als eine Reihe von gesellschaftsöffentlichen Veranstaltungen zur Kommunikation von Wissenschaft geplant ist. Zu diesem Zeitpunkt waren wir alle noch voller Zuversicht, dass das „JBWG-Forum“ in geplanter Form stattfinden würde. Aufgrund der COVID-19-Pandemie musste die JBWG jedoch diese Veranstaltung leider absagen und weitere Treffen und Aktivitäten umdisponieren.





So fand die vierte Mitgliederversammlung am 10. Juli 2020 virtuell auf der Plattform Zoom unter großer Beteiligung der JBWG und im Beisein des kommissarischen Präsidenten der BWG, Herrn Prof. Dr. Gahl, der Klassenvorsitzenden der Klasse der Geisteswissenschaften, Frau Professorin Dr. Karafyllis, sowie dem Berater des Verwaltungsausschusses, Herrn Prof. Dr. Klein, statt.

Es stellten sich insgesamt sechs neue Kandidat/innen als Mitglieder der JBWG per Vortrag und Diskussion vor, die als neue Mitglieder gewonnen werden konnten: Dr. Stefanie Kroker (TU Braunschweig), Jun.-Prof. Dr. Philipp Otto (LU Hannover), Dr. Susana Castillo Alejandre (TU Braunschweig), Dr. Nils Baratella (Universität Oldenburg), Jun.-Prof. Dr. Ulrich Römer (TU Braunschweig) und Dr. Bernhard Vowinkel (TU Braunschweig).



*Gruppenbild im Rahmen der ersten virtuellen Mitgliederversammlung der Jungen BWG*

Die Not macht erfinderisch: Am 4. September 2020 trafen sich die Mitglieder der JBWG mit einigen geladenen Gästen der BWG zum Gesellschaftsabend im Garten des Hauses der BWG – natürlich unter Einhaltung der zu diesem Zeitpunkt geltenden Abstands- und Hygieneregeln. Zunächst wurde eine lebhaft Podiumsdiskussion zum Thema "Big Data als Ressource der Forschung – Aktuelle Perspektiven", moderiert von Alexander Waszynski, im Garten abgehalten. Dabei gaben Marlin Ulmer (TU Braunschweig), Philipp Otto (LU Hannover) und Susana Castillo (TU Braunschweig) Einblicke in die Schnittflächen ihrer Forschung mit dem Thema Big Data. Aus der aufgezeichneten Diskussion hat die JBWG im Nachgang ein Positionspapier für das Jahrbuch 2020 der BWG generiert.

Im Anschluss an die Diskussion wurde bei Wein und Bier im Garten des Hauses der BWG gegrillt und weiter diskutiert. Trotz der Abstands- und Hygieneregeln war dies ein wirklich gelungener Abend.



*Gruppenbild im Rahmen des Gesellschaftsabends und Podiumsdiskussion der Jungen BWG*

Zum Abschluss des Jahres fand am 5. November 2020 die fünfte Mitgliederversammlung der JBWG virtuell als Video-Meeting auf der Plattform Zoom unter großer Beteiligung der Mitglieder statt. Im Rahmen der Veranstaltung wurden neue Formate für Veranstaltungen im kommenden Jahr diskutiert. Zusätzlich wurde die satzungsgemäße Neuwahl des Vorstandes durchgeführt. Dabei wurde Dr. Janina Bahnemann (LU Hannover) als Sprecherin im Amt mit großer Mehrheit wiedergewählt. Dr. Philipp Klahn (TU Braunschweig), bisher Medienmanager der JBWG, bleibt dem Vorstand in der Funktion des 1. Stellvertretenden Sprechers ebenfalls erhalten. Neu in den Vorstand der JBWG wurden Dr. Stefanie Kroker (TU Braunschweig) als 2. Stellvertretende Sprecherin und Prof. Dr. Gregor Wehinger (TU Clausthal) als Medienmanager gewählt.



*Der neugewählte Vorstand der Jungen BWG: Janina Bahnemann, Philipp Klahn, Gregor Wehinger und Stefanie Kroker*



Die JBWG bedankt sich ausdrücklich für das Engagement von Dr. Marlin Ulmer und Dr. Christine Minke, beides Gründungsmitglieder der JBWG, die nach zwei Jahren Amtszeit aus dem Vorstand ausscheiden.

Das Team der Jungen BWG besteht derzeit aus 21 engagierten, jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachbereichen, die durch das enge Netzwerk wissenschaftlich gefördert und in ihrer Karriere unterstützt werden sollen. Zu den aktuellen Mitgliedern zählen (Stand Dezember 2020):

#### **Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften:**

Dr. Janina Bahnemann (Sprecherin der JBWG, LU Hannover), Dr. Viktoria Burke (Uni Oldenburg), Dr. Jakob Franke (LU Hannover), Dr. Philipp Klahn (1. Stellvertretender Sprecher der JBWG, TU Braunschweig), Dr. Björn Krenz (DSMZ Braunschweig), Dr. Stefanie Kroker (2. Stellvertretende Sprecherin der JBWG, TU Braunschweig), Jun.-Prof. Dr. Philipp Otto (LU Hannover), Jun.-Prof. Dr. Timm Wilke (TU Braunschweig), Dr. Dennis Schlipper (LU Hannover)

#### **Klasse für Ingenieurwissenschaften:**

Dr. Susana Castillo (TU Braunschweig), Dr. Katrin Dohnt (TU Braunschweig), Dr. Cristian Guillermo Gebhardt (LU Hannover), Dr. Christine Minke (LU Hannover), Jun.-Prof. Dr. Ulrich Römer (TU Braunschweig), Prof. Dr. Dominik Schillinger (LU Hannover), Dr. Bernhard Vowinkel (TU Braunschweig), Prof. Dr. Gregor Wehinger (Medienmanager der JBWG, TU Clausthal)

#### **Klasse für Geisteswissenschaften:**

Dr. Nils Baratella (Uni Oldenburg), Dr. Carolin Kosuch (Uni Göttingen), Dr. Marlin Ulmer (TU Braunschweig) und Dr. Alexander Waszynski (TU Braunschweig)



## Möglichkeiten und Grenzen von Big Data in der Forschung – Aktuelle Perspektiven Podiumsdiskussion der Jungen BWG am 4. September 2020

ALEXANDER WASZYNSKI, JANINA BAHNEMANN, SUSANA CASTILLO, PHILIPP KLAHN, PHILIPP OTTO und MARLIN ULMER

### 1. Ein neues Format

Im Rahmen des Gesellschaftsabends der Jungen BWG fand am 4. September 2020 und unter freiem Himmel eine klassenübergreifende, transdisziplinäre Podiumsdiskussion zum Thema „Big Data“ als Ressource der Forschung – Aktuelle Perspektiven“ statt. Die Ergebnisse dieser Diskussion werden hier in Form von drei gemeinsamen Thesen wiedergegeben.

Podium: Dr.-Ing. Susana Castillo (Institut für Computergraphik, TU Braunschweig), Jun.-Prof. Dr. Philipp Otto (Institut für Kartographie und Geoinformatik, LU Hannover) und Jun.-Prof. Dr. Marlin Ulmer (Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Braunschweig).

Moderation: Dr. Alexander Waszynski (Seminar für Philosophie, TU Braunschweig).

Mit Diskussionsbeiträgen von Dr. Janina Bahnemann (Institut für Technische Chemie, LU Hannover), Prof. Dr. Nicole C. Karafyllis (Seminar für Philosophie, TU Braunschweig), Dr. Philipp Klahn (Institut für Organische Chemie, TU Braunschweig) und Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Römer (Institut für Dynamik und Schwingungen, TU Braunschweig).

### 2. Einleitende Bemerkungen

Der Begriff Big Data ist im Zuge der Arbeit an frühen 3D-Visualisierungen geprägt und etwa zur Jahrtausendwende vonseiten der Wirtschaftsinformatik neu gefüllt und konzeptuell ausgearbeitet worden.<sup>1</sup> Die Minimaldefinition lautet: „*large datasets that are produced in a digital form and can be analysed through computational tools.*“ (Leonelli 2020) Es handelt sich klarerweise um große Datenmengen, aber diese zeichnen sich, so die gängige Einschätzung, dadurch aus, dass sie etablierte Verfahren der Datenverarbeitung überfordern. Als Kriterien werden neben den etablierten „three V’s“ – *volume*, *velocity*,<sup>2</sup> *variety* – mittlerweile auch genannt (vgl. Kitchin/McArdle 2016): *exhaustivity*,<sup>3</sup> *resolution*, *relationality*,<sup>4</sup> *scalability*<sup>5</sup> und *extensionality*. Vor allem *value* und *veracity* setzen sich neben den „three V’s“ vermehrt als Kriterien durch (vgl. Leonelli 2020). Big Data ist ein ‚mitwachsender‘ Begriff.

- 1 Anscheinend wird der Begriff erstmals in Anzeigen und Präsentationen der Firma *Silicon Graphics (SGI)* verwendet, darunter John Masheys „slide deck“ mit dem Titel „Big Data and the Next Wave of InfraStress“ (1998). Vgl. Diebold 2012.
- 2 Nennen lässt sich etwa die parallele Datenverarbeitung auf mehreren Servern, woraus sich extrem kurze Antwortzeiten und Möglichkeiten der Echtzeitprozessierung ergeben.
- 3 Es geht dabei um das Erfassen eines Ganzen (vgl. unten Abschnitt 2).
- 4 Gemeint ist Verbindung unterschiedlicher Datenbereiche untereinander (vgl. unten Abschnitt 2).
- 5 Dies betrifft die Möglichkeit, neue Datenbereiche zu implementieren (vgl. unten Abschnitt 2).





Zugleich ist nicht immer klar, was noch unter diesen Begriff fällt; ob es sich allein um ein informationstechnisches Problem handelt,<sup>6</sup> um eine epistemische Chance, ein forschungspolitisches Label oder um ein ohnehin alle wissenschaftlichen Akteure betreffendes Paradigma. Die Herausforderung ‚klassisch‘ gewordener Modelle des Weltverstehens durch rein datenbasierte Zugänge lässt sich in den Natur- und Ingenieurwissenschaften (Römer) ebenso beobachten wie in den Geisteswissenschaften (Waszynski).<sup>7</sup> Nicht selten wird mit Big Data die Hoffnung auf größere Objektivität verbunden. Im Jahr 2017 berichtete die Max-Planck-Gesellschaft, an ihrem Institut für Informatik in Saarbrücken sei es, in radikaler Umkehrung der Hypothesen-geleiteten Forschung, gelungen, „schon vorhandene Datensätze [zu] analysieren und daraus nachträglich Hypothesen und unerwartete Korrelationen [zu] extrahieren.“<sup>8</sup> Doch auch dieser Ansatz bleibt auf Verfahren und Vorentscheidungen angewiesen, die zur Konstitution nutzbarer Daten wie zu deren Auswertung eingebracht werden müssen. Um Daten sammeln zu können, bedarf es der Annahmen darüber, was überhaupt als sammelns- und erhaltenswert zu erachten ist. Solche Annahmen lassen sich eigens reflektieren. So hat Sabina Leonelli in ihrem grundlegenden Artikel zu „Scientific Research and Big Data“ (2020) aus wissenschaftsphilosophischer Perspektive betont: „Data need to be selected, cleaned and prepared to be subjected to statistical and computational analysis. The processes involved in separating data from noise, clustering data so that it is tractable, and integrating data of different formats turn out to be highly sophisticated and theoretically structured“ (Leonelli 2020). Unsere Diskussion schließt an diesen Befund an und berührt damit zugleich das Programm des Querschnittsbereichs RECOLLECT der BWG.

### 3. Drei Thesen zum Umgang mit Big Data in der Forschung

#### 1) Sammeln: Erheben – Speichern – Verarbeiten

Im Fachgebiet der Computergraphik bestimmen großen Datenmengen fast schon naturgemäß das Untersuchungsfeld. Allerdings besteht ein beträchtlicher Unterschied zwischen Daten, die in weitgehend unbearbeiteter Form vorliegen, und solchen, die bereits bearbeitet (z. B. retouchiert) worden sind (Castillo). Gerade bei visuellen Daten schließt die Erhebung das Sammeln von Gesammeltem ein, etwa im Falle der Arbeit mit Bilddatenbanken. Daten sind nicht, wie es der Wortsinn nahelegt, gegeben, sondern, was die Bedingungen ihrer Konstitution und ihres Erhalts betrifft, zugleich auch gemacht (Waszynski). Aus statistischer Sicht lässt sich die Komplexität von Daten als Spannung zwischen der Anzahl möglicher Charakteristika und der möglichen Beobachtungen beschreiben. Um valide Ergebnisse zu erhalten, ist eine methodologische Rahmung unabdingbar, die diese Spannung ausgleicht; eine entsprechend fokussierte Theoriearbeit kann es erlauben, auch auf Grundlage kleinerer Datensets belastbare Ergebnisse zu erzielen. Das schließt eine größere Effizienz hinsichtlich der zur Prozessierung und Speicherung benötigten Ressourcen ein (Otto). Zudem lassen sich so auch unter Bedingungen erschwelter Datenzugänglichkeit Forschungsthemen absichern. Die Auswertung bereits erhobener Daten, etwa zum Zweck von Prozessoptimierungen, wirft allerdings neue Fragestellungen auf, die in nachfolgende Erhebungen eingehen können, welche aber wiederum nicht allein einer bestimmten Zwecksetzung untergeordnet werden dürfen, sondern offen bleiben müssen für Unerwartetes (Ulmer). Das im Zuge einer Datenanalyse Ausgesonderte, der ‚Datenmüll‘, kann womöglich

6 Vgl. dazu die Aktivitäten im Rahmen des seit 2014 geförderten DFG-Schwerpunktprogramms 1736: *Algorithmen für große Datenmengen*, <https://www.big-data-spp.de/> (zuletzt abgerufen am 12.11.2020).

7 Für die *Life Sciences* diskutiert dieses Paradigma ausführlich: Strasser 2019.

8 MaxPlanckForschung. Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft, I.2017, S. 4. Abzurufen unter [https://www.mpg.de/11248402/MPF\\_2017\\_1.pdf](https://www.mpg.de/11248402/MPF_2017_1.pdf) (zuletzt abgerufen am 12.11.2020).





später und unter neuen Fragestellungen an Relevanz gewinnen, was Fragen nach einer Vorratsspeicherung oder sogar Datenarchäologie<sup>9</sup> aufwirft (Waszynski). Das bloße Speichern ist dabei eine Ressourcenfrage; kritischer ist es, Zugänglichkeit über Zeit zu gewährleisten. Damit das Material auffindbar und nutzbar bleibt, müssen Indizes, Modi und Gründe der Ersterfassung mitgespeichert werden (Otto). Allerdings werden z.B. im Bereich der theoretischen Chemie, etwa beim molekularen Docking, schnell Grenzen der Rechenleistung erreicht; mitunter ist zur Validierung ein rascherer Praxistest zielführender als die bloße Speicherung immenser Datenmengen auf Verdacht (Klahn).

*These 1: Die Parameter des Sammelns und ‚Entsammelns‘<sup>10</sup> von Daten müssen transparent und nachprüfbar bleiben. Um Effizienz und Plausibilität zu gewährleisten, bedarf es einer Intensivierung der Arbeit am theoretischen und methodologischen Rahmenwerk datenbasierter Forschung. Das schließt eine Problematisierung des Begriffs Big Data ein.*

## 2) Grenzen: Definitionen – Ansprüche – Praxis

Die Grenzen von Big Data lassen sich aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchten. In definitiver Hinsicht birgt eine über die „three V’s“ gefundene Bestimmung die Schwierigkeit, angesichts rapider informationstechnischer Entwicklungsschritte eine zeitabhängige Definition zu erhalten (Otto). Daher lässt sich fragen, ob der Begriff Big Data nicht eher als flexible Problemmarkierung und weniger als fester Terminus verstanden werden muss (Waszynski). Um eine große Bandbreite unterschiedlicher Datentypen (*variety*) auswerten zu können, bedarf es eines gezielten Datenmanagements,<sup>11</sup> das die Schnittstellen bearbeitet. Dies gilt bereits für den Umgang mit ‚medium data‘, etwa im Falle von Transportwegeoptimierungen (Ulmer). Auch was die Datenformate betrifft, bleibt das Material letztlich heterogen. Ein internationaler Standard für alle Datentypen, der diese Heterogenität aufheben würde, ist praktisch nicht umsetzbar (Castillo). Um eine ergebnisorientierte Auswertung großer Datenmengen zu gewährleisten, ist offenbar ein gezieltes ‚blackboxing‘ bzw. das Delegieren von Zuständigkeiten (vgl. Abschnitt 3) notwendig (Waszynski). Big Data lässt sich auch als ein *Anspruch* beschreiben, nicht zuletzt auf globale Gültigkeit. Bisweilen schlagen sich, wie in Wahrnehmung und Interpretation des Gesichtsausdrucks, regionale Unterschiede in Datensätzen deutlich nieder; umgekehrt werden durch Annahmen über solche Unterschiede Ergebnisse möglicherweise präformiert. Um dies im Detail herauszuarbeiten, bedürfte es der globalen Verknüpfung aller Teilergebnisse und Einzeldaten (Castillo). In pragmatischer Hinsicht ist außerdem zu überlegen, ob sich Fragestellungen, die scheinbar einen Big Data-Zugang erforderlich machen, nicht auch mit kleineren Skalierungen erfolgreich bearbeiten lassen (vgl. Abschnitt 1). Große Datensätze können zwar

9 Der Begriff der Datenarchäologie hat eine Vorgeschichte in der Ozeanographie der 1990er Jahre. In einem internationalen Forschungsprojekt („GODAR“) sollten nicht nur bestehende Aufzeichnungen digitalisiert, sondern auch, was sammlungstheoretisch nicht minder interessant ist, bereits in digitaler Form vorhandene Daten vor dem Verlust bewahrt werden. Zu den 1994 genannten Faktoren zählen: „media degradation such as fading ink or magnetic fields“, „environmental catastrophes such as fires and floods“, „simple neglect“, „the retirement of individuals who know how to access these data or know the metadata associated with these data that make them useable to other scientists“ (Levitus et al. 1994, 2).

10 ‚Entsammeln‘ ist ein in der Museologie geläufiger Terminus, der unterschiedliche Verfahren des Aussonderns erfasst und sich auf den 1972 von John Canaday geprägten Begriff der „deaccession“ zurückführen lässt.

11 Aus wirtschaftsinformatischer Perspektive ist der Stellenwert einer kritischen „Data Gouvernance“ betont worden, die der Diversität und dem Schutz von Daten gleichermaßen Rechnung trägt (Buhl et al. 2013).



Ergebnisse produzieren, verleiten aber mitunter zu Schlussfolgerungen, die bei näherer Betrachtung irreführend sein können, wenn die theoretischen Prämissen nicht richtig gewählt worden sind. Vor allem im medizinischen Bereich kann dies schnell problematisch werden (Otto). Es bedarf eines geschulten menschlichen Blicks auf die Daten. Zwar gibt es Beispiele für Datenprozessierungen, etwa den Börsenhandel, die auch ohne eine humane Intervention in sich automatisiert funktionieren (Ulmer); in Rücksicht auf die Komplexität nicht nur der Datenerhebung und -prozessierung, sondern auch auf deren mögliche Folgewirkungen lässt sich aber der praktische Erfolg nicht zum alleinigen Kriterium dafür machen, ob es einer zwischengeschalteten, Werte und Auswertungen überprüfenden Instanz bedarf (Waszynski).

*These 2: Der Begriff Big Data umfasst nicht nur aufgrund ihrer Größe, Zusammensetzung und Verarbeitbarkeit besonders ausgezeichnete Datenmengen, sondern schließt auch eine gewisse Unschärfe ein: einerseits in Bezug auf seine Zeitabhängigkeit, andererseits in Bezug auf die innere Kohärenz dieser Datenmengen. Das als Big Data Verstandene ist, noch vor seiner Auswertbarkeit, Gegenstand bearbeitender Eingriffe. Als Begrenzung der Reichweite des Begriffs lässt sich zudem sein Anspruchscharakter nennen.*

### 3) Interdisziplinarität: Ausblicke

Es besteht Konsens darüber, dass im Umgang mit Big Data disziplinäre Grenzen und Zuständigkeitsbereiche immer wieder überschritten werden müssen. Damit die Kriterien *value* und *veracity* einlösbar sind, müssen mitunter Expert\*innen aus ganz anderen Fachbereichen hinzugezogen werden, etwa aus der Psychologie, wenn es um das auf visuellen Daten basierende Studium der Feinheiten des Gesichtsausdrucks geht (Castillo). Es ist ebenfalls Konsens, dass ethische und wissenschaftstheoretische Erwägungen in die Forschungsarbeit einbezogen werden müssen. Big Data bietet eine Chance, über historisch gewachsene Privilegierungen und Geschlechterzuschreibungen hinauszugehen (Ulmer). Der Umgang mit Daten bleibt dennoch, z.B. bei genomabhängigen Entscheidungen im Bereich der Medizin, anfällig für Diskriminierung (Klahn). Bereits in die Erhebung von Daten gehen normative Vorentscheidungen ein, nicht erst in die Auswertung. Dies hat die *Gender Medizin* in den letzten Jahrzehnten deutlich herausgearbeitet. Big Data benötigt Verfahren der Standardisierung (vgl. Abschnitt 2), kluge Entscheidungen brauchen jedoch Diversifizierung. Als Beschleunigungsstrategie ist Big Data dort angebracht, wo Prozesse beschleunigt werden müssen, was nicht immer der Fall ist (Karafyllis). In der Tat gibt es Fälle, in denen bereits die Sensoren diskriminieren (Ulmer). Am Beispiel des impliziten Imperativs zur möglichst breiten Datenerfassung in anwendungsorientierten Forschungskontexten der Chemie und Biochemie lässt sich die Notwendigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit deutlich demonstrieren; die Netzwerkbildung wird damit zu einem integralen Bestandteil gegenwärtigen wissenschaftlichen Arbeitens (Bahnemann).

*These 3: In Anbetracht des Big Data inhärenten Prinzips der Delegation ist es unabdingbar, dass Kollaborationen weiter etabliert und verstetigt werden. Das bedeutet auch, wissenschaftstheoretische und ethische Erwägungen bereits in das Forschungsdesign einzubeziehen.*

### Literatur

BUHL, H.U. et al. (2013): Big Data – Ein (ir-)relevanter Modebegriff für Wissenschaft und Praxis?, in: *Wirtschaftsinformatik & Management* 5, S. 24–31. DOI: 10.1365/s35764-013-0275-6.



- DIEBOLD, F. X. (2012): On the Origin(s) and Development of the Term 'Big Data', September 21, 2012, *PIER Working Paper* No. 12–037. DOI: 10.2139/ssrn.2152421.
- KITCHIN, R. & McARDLE, G. (2016): What makes Big Data, Big Data? Exploring the ontological characteristics of 26 datasets, in: *Big Data & Society*, January–June 2016, S. 1–10. DOI: 10.1177/2053951716631130.
- LEONELLI, S. (2020): Scientific Research and Big Data, in: Zalta, E. N. (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2020 Edition). URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/science-big-data/> (zuletzt abgerufen am 12.11.2020).
- LEVITUS, S. et al. (1994): Results of the NODC Oceanographic Data Archaeology and Rescue Projects. Report 1. Key to Oceanographic Records Documentation No. 19, NODC, Washington, D.C. Abrufbar unter: [ftp://ftp.library.noaa.gov/noaa\\_documents.lib/NESDIS/NODC/key\\_to\\_oceanographic\\_records/no\\_19.pdf](ftp://ftp.library.noaa.gov/noaa_documents.lib/NESDIS/NODC/key_to_oceanographic_records/no_19.pdf) (zuletzt 26.11.2020).
- STRASSER, B. J. (2019): *Collecting Experiments: Making Big Data Biology*. Chicago.



## 16. Bioethik-Symposium der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

### „Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der Gen-Schere“

Veranstaltungstag: Donnerstag, 8. Oktober 2020, 14.00 Uhr  
 Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und  
 TU Braunschweig  
 Veranstaltungsort: Haus der Wissenschaft, Pockelsstraße 11, 38106 Braunschweig,  
 Raum Veolia/Weitblick (5. OG), parallel als Webinar

Kaum ein Bereich der biologischen, der medizinischen Wissenschaft wird stärker vom öffentlichen Interesse begleitet als die Gen-Technologie: seien es deren diagnostische oder therapeutische Zwecke und Zielsetzungen und auch deren ethische und rechtliche Konsequenzen. Jüngst erregt die genauere Eingriffsmöglichkeit in das Erbgut mittels der sog. Gen-Schere CRISPR/Cas die Weltöffentlichkeit, verspricht man sich doch eine bessere Diagnostik und damit auch eine stärkere Vermeidung schwerwiegender Krankheiten. In der Landwirtschaft wird die Gen-Schere unter der Überschrift „Gentechnik 2.0“ verhandelt, da gezielt genetisch veränderte Nutz- und Zierpflanzen schon länger zu ertragreicheren Ernten führen. Im medizinischen Bereich hoffen viele Menschen mit Verweis auf eine „Gentherapie“ seit Jahrzehnten auf die Befreiung von Erbkrankheiten, die bislang nicht geheilt werden können.

Doch: Was genau ist die neue Gen-Schere? Was verbirgt sich hinter CRISPR/Cas? Was kann mittels dieses Werkzeuges erreicht werden, wie zielsicher und stabil ist es? Gibt es bei Tieren, ja sogar schon in der Humanmedizin diagnostische und sogar therapeutische Eingriffsmöglichkeiten zur Verhinderung von Krankheitsentwicklung? Welche Krankheiten könnten überhaupt verhindert werden: Diabetes, Arteriosklerose, Krebs? Wie aufwendig wäre derartig präventive Behandlung?

Und bedarf es nicht neuer nationaler und internationaler rechtlicher Regelungen zur Verhinderung von Missbrauch dieser Methode? Sofern die Methode auf den Menschen, auch auf seine Keimzellen bzw. die Keimbahn angewendet werden kann, ist zu fragen, ob sich mit ihr nicht eine neue Form der Eugenik eröffnet. Welche individuellen und sozialen Folgen werden durch die Gentechnik 2.0 eröffnet und wie könnten sie reguliert werden? Welche ethischen und anthropologischen Implikationen eröffnen sich dem Nachdenken?

*Prof. Dr. med. Klaus Gahl, Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft*

#### Programm

14:00 Uhr	<b>Begrüßung, Einführung und Moderation</b> Prof. Dr. Otto Richter Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
14:15 Uhr	<b>CRISPR/Cas9 — ein leistungsstarkes Werkzeug zum Verändern von Genen und deren Aktivität</b> Prof. Dr. Dagmar Wirth Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig



- 15:00 Uhr      **Operationen am offenen Genom - mögliche Anwendung der CRISPR/Cas-Gen-Schere in der klinischen Medizin**  
 Prof. Dr. Jürgen Krauter  
 Medizinische Klinik 3 im Klinikum Braunschweig
- 15:45 Uhr      Pause
- 16:15 Uhr      **Rechtliche Herausforderungen der therapeutischen Anwendung der Gen-Schere**  
 Prof. Dr. Susanne Beck  
 Juristische Fakultät der Leibniz-Universität Hannover
- 17:00 Uhr      **Die CRISPR/Cas-Technologie und die menschliche Lebensform: Anthropologische und ethische Reflexionen**  
 Prof. Dr. Stefan Heuser  
 Institut für Religionspädagogik der Technischen Universität Braunschweig
- 17:45 Uhr      **Schlusswort**  
 Prof. Dr. Klaus Gahl  
 Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft





## Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der „Gen-Schere“

OTTO RICHTER

### Einführung

Das Bioethik-Symposium zum Thema **Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der „Gen-Schere“** ist höchst aktuell: Gestern wurde der Nobelpreis für Chemie an Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna verliehen, die das Verfahren der „Gen-Schere“ entwickelt haben. Wir gratulieren zu dieser Auszeichnung. Die Problematik, mit der sich dieses Symposium auseinandersetzt, ist nicht neu. Bereits in den 70iger Jahren zeichnete sich die Möglichkeit ab, durch die Technik der Rekombinierung von DNA Genmanipulationen vorzunehmen. Auf der legendär gewordenen Asilomar Conference on Recombinant DNA 1975 wurde erstmalig der Prozess der Regulierung eines Forschungsgebietes auf nationaler und internationaler Ebene initiiert. Asilomar gilt als ein entscheidendes Ereignis in der Geschichte der – damals jungen – Wissenschaft der Molekularbiologie und ist zugleich ein Meilenstein für die Entwicklung der Bioethik.

Wo stehen wir heute, 45 Jahre später? Die Entwicklung eines bakteriellen Immunsystems zu einem Werkzeug für die Gentechnik hat die biomedizinische Forschung revolutioniert und Möglichkeiten für therapeutische Anwendungen eröffnet, aber auch darüber hinaus geplante genetische Modifikationen in der menschlichen Keimbahn möglich gemacht. Die Weltgesundheitsorganisation hat ein Gremium eingesetzt, das sich mit den rechtlich-ethischen Rahmenbedingungen auseinandersetzt und Grundsätze für zukünftige Regulierungen eruiert. Hintergrund der Diskussion ist auch die künftig wahrscheinlich bestehende Möglichkeit, mit Hilfe solcher Techniken Designermenschen zu erzeugen, bei denen es nicht um die Vermeidung von Krankheiten, sondern um „gewünschte“ Eigenschaften wie Intelligenz, Augenfarbe oder Sportlichkeit geht.

Der Impact dieser Forschungen ist ähnlich wie die Entdeckung der Kernspaltung vor 81 Jahren einzuschätzen. Beide Entdeckungen sind aus reiner Grundlagenforschung hervorgegangen, aber das Spektrum ihrer Anwendungen haben das Potenzial weitreichender anthropologischer Auswirkungen.

Das Symposium informiert zunächst über den Stand der Forschung der molekularbiologischen Grundlagen und über mögliche Anwendungen in der klinischen Medizin und stellt den Komplex Gen-Therapie mit der „Gen-Schere“ in einen juristischen, ethischen und anthropologischen Kontext. Folgerichtig haben wir für dieses Symposium Expertinnen und Experten aus den Gebieten der molekularen Grundlagenforschung, der Medizin, der Rechtswissenschaften und der Ethik und Anthropologie zusammengeführt.

Ich begrüße

**Frau Professorin Dr. Dagmar Wirth**, die uns in den Mechanismus der Gen-Schere einführen wird.

*(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats CRISPR-associated)*

Professorin Wirth ist Leiterin der Arbeitsgruppe Modellsysteme für *Infektion* und Immunität am HZI. Dagmar Wirth studierte in Braunschweig Chemie. Bereits während ihrer Promotion



an der GBF – dem heutigen HZI – forschte sie über die Genregulation von Säugerzellen. Nach ihrer Tätigkeit als Wissenschaftlerin in der Abteilung für Klinische Immunologie kehrte sie im Jahr 2004 an die GBF zurück und wurde kurze Zeit später Projektleiterin für Zelluläre Modelle und Forschungsgruppenleiterin für Modellsysteme für Infektion und Immunität (MSYS).

### **Prof. Dr. Jürgen Krauter**

hat an der Universität Ulm Medizin studiert, hatte eine Professur für Klinische Stammzelltransplantation der Medizinischen Hochschule Hannover inne und ist seit 2013 Chefarzt der Medizinischen Klinik III, Hämatologie und Onkologie, am Städtischen Klinikum.

Herr Prof. Krauter wird über mögliche Anwendungen der CRISPR/Cas Gen-Schere in der Klinischen Medizin berichten.

### **Frau Professorin Dr. Susanne Beck**

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Strafrecht, Strafprozessrecht, Strafrechtsvergleichung und Rechtsphilosophie an der Universität Hannover.  
Master of Law an der London School of Economics

Ihre Tätigkeitsschwerpunkte umfassen:

Strafrecht und Strafprozessrecht, Medizinstrafrecht, Wirtschaftsstrafrecht, Strafrechtsvergleichung, Rechtsphilosophie

2004–2006 Universität Würzburg/Universität Tübingen (Interfakultäres Zentrum für Ethik in den Wissenschaften): Promotion zu „Stammzellforschung und Strafrecht – zugleich eine Bewertung der Verwendung von Strafrecht in der Biotechnologie“

### **Prof. Dr. Stefan Heuser**

ist Professor für Systematische Theologie mit dem Schwerpunkt Ethik an der TU Braunschweig  
Studium der Theologie in Erlangen

2011 – 2014 Pfarrer in den evangelischen Kirchengemeinden Kleestadt und Richen (in Stellenteilung mit Christine Heuser)

Forschungsschwerpunkte:

Bio- und Medizinethik (Pränatal- und Präimplantationsdiagnostik, Behinderung und Ableism, Ethik der Sterbebegleitung, Ethics of Care)

Anthropologie (Menschenwürde und Geschöpflichkeit, Lebensformen und ihre ethische Reflexion, Kindheit, Altern, Sterben, Leiblichkeit und Scham, Phänomenologie des Fremden)

Wirtschafts- und Unternehmensethik (Wertemanagement in Unternehmen, Ethik für Führungskräfte, Organisationsethik, Ethik in Nonprofit-Organisationen)



## CRISPR/Cas – die Geschichte einer bahnbrechenden Entdeckung

DAGMAR WIRTH

Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig

Arbeitsgruppenleiterin MSYS – Modellsysteme für Infektion und Immunität

Das CRISPR/Cas-System stellt eine der wichtigsten Entdeckungen der modernen Biologie dar. Es ist ein universelles Werkzeug, das bereits jetzt in vielen Feldern der Biologie und Biotechnologie eingesetzt wird und darüber hinaus den Weg für neue Therapien in der Medizin ebnet. Die Entdeckung der CRISPR/Cas-„Genschere“ kam allerdings nicht aus heiterem Himmel. Wie viele Durchbrüche in der modernen Wissenschaft wurde auch die Entdeckung des CRISPR/Cas-Systems letztlich durch jahrzehntelange internationale Forschungsaktivitäten verschiedener Labors ermöglicht, die zu einer Reihe von kleinen und auch größeren, aufeinander aufbauenden Ideen und Erkenntnissen beitrugen. Der folgende Beitrag versucht, die wesentlichen Meilensteine, die schließlich zur Entdeckung des CRISPR/Cas-Systems führen sollten, im geschichtlichen Kontext darzustellen.

So geht die grundlegende Beobachtung, die schließlich in 2012 zur Entdeckung der CRISPR/Cas-Technologie führte, auf das Jahr 1989 zurück. An der Universität in Alicante in Spanien bearbeitete der damals 29-jährige Biologe Francisco Mojica ein doch recht spezielles Thema im Rahmen seiner Doktorarbeit: Er untersuchte das bis dahin noch nicht im Detail charakterisierte Archaeobakterium *Haloferax mediterranei*. Dieses Archaeobakterium lebt unter ungewöhnlichen Umweltbedingungen in den Salzmarschen an der Costa Blanca. Francisco Mojica wollte untersuchen, wie dieses Bakterium in dieser Umgebung überleben kann. Forschungsarbeiten dieser Art dürften zur klassischen Grundlagenforschung zählen – niemand konnte damals erahnen, dass diese Arbeiten den Grundstein für die Identifizierung eines revolutionären, breit verwendbaren Werkzeugs legen sollten, das auch zur Änderung von Genen in menschlichen Zellen einsetzbar ist.

Die Charakterisierung des Archaeobakteriums beinhaltete auch die Sequenzanalyse eines kleinen Genomabschnitts. Derartige Teilsequenzierungen waren zur damaligen Zeit die Regel, denn die damaligen Sequenzieretechnologien waren noch sehr aufwändig und für die Analyse ganzer Genome nicht geeignet. Francisco Mojica stieß bei der Sequenzierung eines Genomabschnitts des Archaeobakteriums auf ein eigenartiges Sequenzmuster: eine Sequenzabfolge von 30 Basenpaaren, die sich mit kurzen Unterbrechungen von ca. 36 Basenpaaren („Unterbrechungssequenzen“) mehrfach wiederholte. Die Gensequenz selbst war bis dahin nicht bekannt und die Tatsache, dass sie sich regelmäßig wiederholte, war sehr ungewöhnlich. Im Rückblick ist interessant, dass bereits 1987 eine japanische Gruppe ein ähnliches wiederkehrendes Sequenzmuster im Genom des Darmbakteriums *Escherichia coli* in einer wissenschaftlichen Publikation beschrieben hatte – allerdings fand diese Beobachtung zu jener Zeit keine weitere Beachtung.

Nachdem Francisco Mojica die Beobachtung der regelmäßig unterbrochenen Sequenzwiederholungen als „*Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats*“ oder kurz CRISPR in einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlichte, passierte zunächst erst einmal nicht viel. Francisco Mojica blieb jedoch an diesem Thema dran. Bis zum Jahr 2000 fand der spanische Forscher – inzwischen Professor an der Universität Alicante – CRISPR Sequenzen auch in etwa 20 anderen Bakterienspezies, so z.B. den Erregern von Tuberkulose und der Pest. Aufgrund der Tatsache, dass ein derartiges Sequenzmuster nicht nur in einem eher exotischen Archaeobakterium zu finden ist, sondern offensichtlich im Reich der Bakterien weit verbreitet ist, weckte diese zufällige Beobachtung zunehmend Interesse. Es wurde immer wahrscheinlicher, dass dieses Sequenzmuster eine zentrale Bedeutung für die Bakterien haben könnte. Entsprechend erregte dieses ungewöhnliche Sequenzmuster nun auch international Interesse und entsprechend wurden in verschiedenen Labors Forschungsaktivitäten ini-



tiert. So wurde in 2002 von einer niederländischen Gruppe ein Gen beschrieben, das im Bakteriengenom unmittelbar neben diesen CRISPR Sequenzen kodiert ist und entsprechend mit Cas (*CRISPR associated*) bezeichnet wurde. Die Forschergruppe zeigte, dass Cas eine Nuklease ist, also ein Enzym, das DNA schneiden kann. Es sollte aber noch ein paar Jahre dauern, bis klar wurde, dass das Cas-Gen mit den benachbarten CRISPR Sequenzen in funktionellem Zusammenhang steht und wie dieses Enzym an die jeweiligen Zielsequenzen geleitet wird.

Parallel zu diesen Forschungsaktivitäten entwickelte sich die Sequenziertechnologie weiter. Mit der Einführung des ‚Next Generation Sequencing‘ wurde ein Durchbruch erzielt, der die schnellere und kostengünstige Entschlüsselung auch von größeren Sequenzabschnitten erlaubte. So wurde 1995 erstmals ein in der Natur vorkommendes Bakterium vollständig entschlüsselt und in den Folgejahren wuchs die Zahl der analysierten Organismen kontinuierlich an. Mit Beginn dieses Jahrtausends waren schließlich auch Genome komplexerer Organismen entschlüsselt, so auch das menschliche Genom. Die Genomsequenzen der verschiedenen Spezies wurden in Datenbanken abgelegt und durch parallel entwickelte bioinformatische Verfahren der Analyse zugänglich.

Das Interesse von Francisco Mojica – inzwischen der führende Wissenschaftler in dem Feld – verschob sich inzwischen von den sich wiederholenden Sequenzabschnitten auf die jeweils unterschiedlichen ‚Unterbrechungssequenzen‘. Als er diese Unterbrechungssequenzen mit den in den Datenbanken abgelegten Sequenzen der anderen Organismen verglich, fand er exakt dieselbe Abfolge im Erbgut eines zuvor entschlüsselten Virus, das viele Bakterien befallen kann – eine verblüffende Beobachtung. Dabei stammte die Unterbrechungssequenz aus einem Bakterium, das immun gegenüber diesen Viren war. Daraus entwickelte Francisco Mojica die Hypothese, dass diese Sequenzen dem Bakterium Immunität gegenüber diesen Viren verleihen können.

Der nächste Schritt auf dem Weg zur Entschlüsselung des CRISPR/Cas-Systems kam interessanterweise nicht aus der mikrobiologischen Grundlagenforschung selbst, sondern war vielmehr wirtschaftlich motiviert. Er ergab sich aus einem Problem in einer französischen Firma, die Milchprodukte herstellte. Zur Produktion von Milchprodukten werden Milchsäurebakterien eingesetzt. Diese können von Bakterienviren (sogenannte Bakteriophagen) infiziert und zerstört werden, wodurch es zu teuren Produktionsausfällen kommt. Um hier eine Lösung zu finden, beauftragte die Firma zwei Wissenschaftler, Philippe Horvath und Rodolphe Barrangou, sich diesem Problem anzunehmen. Horvath und Barrangou stießen dabei ebenfalls auf den ungewöhnlichen Einbau von Virussequenzen in das Genom der Milchsäurebakterien. Nach weiteren Forschungsarbeiten erbrachten sie schließlich in 2007 den experimentellen Nachweis dafür, dass die eingebauten viralen Sequenzen die Bakterien tatsächlich resistent gegenüber den Virusinfektionen machen. Damit war bestätigt, dass diese Sequenzen den Bakterien Immunität verleihen. Auch erkannten sie, dass für die Immunität der Bakterien das Cas-Gen erforderlich ist.

Basierend auf den gemeinsamen Aktivitäten einer niederländisch/amerikanischen Forschungsgruppe konnte kurze Zeit später gezeigt werden, dass die CRISPR Sequenzwiederholungen zusammen mit den dazwischenliegenden Unterbrechungssequenzen durch eine Polymerase abgelesen (transkribiert) und in RNA übersetzt wird. Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass die zunächst entstehende lange RNA Kopie in kleine Abschnitte von 61 Nucleotiden geschnitten wird, die sogenannte crRNAs. Diese kurzen RNAs beinhalten dabei jeweils eine der (viralen) ‚Unterbrechungssequenzen‘, die von Teilen der Wiederholungssequenzen flankiert werden.

In 2008 war dann durch die Forschungsaktivitäten einer weiteren amerikanischen Gruppe um Luciano Marraffini und Eric Sondheimer klar, wie das CRISPR/Cas-System Bakterien vor Viren schützt: Wenn ein Bakterium eine Virusinfektion überlebt, werden kleine Stücke der viralen DNA in den CRISPR Locus im Bakteriengenom eingebaut. Die daraus gebildeten kleinen crRNAs sind zu einem





Teil der viralen DNA komplementär. Wird das Bakterium dann ein weiteres Mal infiziert, kann das Cas9-Enzym die Virus-DNA schneiden und damit zerstören – das Virus ist unschädlich gemacht, das Bakterium ist resistent. Gleichzeitig wurde durch die Forschungsaktivitäten von Marraffini und Sondheimer klar, dass CRISPR/Cas im Wesentlichen ein programmierbares Restriktionsenzym ist, das also DNA an einer beliebigen Stelle schneiden kann. Schon damals vermuten die amerikanischen Forscher, dass dieses System nicht nur in Bakterien funktioniert, sondern auch in andere, komplexere Organismen übertragen und so zum gezielten Schneiden von DNA eingesetzt werden könnte. Allerdings konnten sie das zu dem Zeitpunkt nicht beweisen.

Auch fehlte noch ein weiterer wesentlicher Baustein für das Werkzeug – es war noch immer nicht bekannt, wie genau das Cas9-Enzym an das Virusgenom geleitet wird. Die Auflösung dieses Rätsels kam dann aus einer Forschungsaktivität um Emmanuelle Charpentier, die damals an der Universität in Wien an kleinen regulatorischen RNAs in dem Bakterium *Streptococcus pyogenes* forschte. Sie traf auf Jörg Vogel, der seinerzeit am Max-Planck-Institut in Berlin arbeitete und eine neue Sequenziermethode zur Identifizierung und Quantifizierung von kleinen RNAs entwickelt hat. Zusammen beschlossen sie, diese Methode auch für *Streptococcus pyogenes* anzuwenden. Das Ergebnis war überraschend: sie identifizierten eine kurze RNA (später wurde sie tracrRNA genannt), die in ungewöhnlich hoher Zahl in Bakterien vorliegt, also sehr effizient transkribiert wird. Die weitere Charakterisierung leitete die beiden Forscher in das CRISPR Feld – sie wiesen nach, dass die tracrRNA von einem Genomabschnitt kodiert wird, der direkt neben dem CRISPR locus liegt. Auch war es verblüffend, dass diese tracrRNA eine nahezu perfekte Übereinstimmung von 25 Basenpaaren zu den Sequenzwiederholungen im CRISPR locus aufweist. Durch die Komplementarität der tracrRNA mit der crRNA entsteht ein Komplex, der an das Cas-Protein bindet und es somit an die Zielsequenz leiten kann.

Damit waren in 2011 alle Komponenten des CRISPR/Cas-Systems entdeckt und beschrieben. Die Hypothese, mit diesem System gezielt das Genom anderer Zellen zu schneiden und damit zu verändern, bekam immer mehr Unterstützung. Aber noch hatte niemand das CRISPR/Cas-System aus seinem bakteriellen Kontext gelöst und zum Werkzeug für die gezielte Modifikation von DNA gemacht. Eine der Gruppen, der dies schließlich gelang, war das Team um Virginijus Šikšnys von der Universität Vilnius (Litauen), der zusammen mit Horvath und Barrangou das System von einem Bakterium in ein anderes transferierte. Auch identifizierte die Gruppe das minimale Set an nötigen Elementen, um eine beliebige Sequenz zu schneiden. Sie reichten ihre Studie bereits im April 2012 zur Publikation ein – jedoch wurde die Arbeit zunächst nicht akzeptiert und so verzögerte sich die Veröffentlichung.

Parallel und völlig unabhängig davon taten sich Emmanuelle Charpentier und die RNA Expertin Jennifer Doudna aus Berkeley zusammen, um ihre Aktivitäten zu bündeln und schnell zum Ziel zu kommen. Wie Šikšnys gelang auch ihnen der Nachweis, dass rekombinantes Cas9 zusammen mit synthetisch hergestellten, auf die Zielsequenz angepasste tracr/crRNA Komplexen *in vitro* gezielt DNA schneiden kann. Auch zeigten sie, dass die tracr/crRNAs zu einer einzelnen RNA (single guide RNA, sgRNA) fusioniert werden kann. Charpentier und Doudna reichten im Juni 2012 ihre Erkenntnisse zur Publikation ein. Ihre Studie durchlief den Begutachtungsprozess sehr schnell und wurde noch im selben Monat veröffentlicht. Mit dieser Publikation gewannen Charpentier und Doudna den Wettlauf. Die Arbeiten des Teams um Virginijus Šikšnys sollte dann wenige Wochen später im September veröffentlicht werden.

Sowohl die Gruppe um Charpentier/Doudna als auch die Gruppe um Šikšnys erkannten das Potenzial dieser Methode für die Biotechnologie. Der Beweis, dass das bakterielle CRISPR/Cas-System auch in Säugerzellen eingesetzt werden kann, gelang schließlich nur wenige Monate später den beiden





amerikanischen Forschergruppen um Feng Zhang und um George Church. Sie zeigten praktisch zeitgleich, dass das CRISPR/Cas-System in menschliche Zellen transferiert und dort zur Manipulation des Erbguts eingesetzt werden kann. Somit war das Werkzeug in all seinen Elementen beschrieben und seine Anwendung für die Manipulation in komplexen Organismen gezeigt.

Die Geschichte der Entdeckung des CRISPR/Cas-Systems ist aus verschiedenen Gründen interessant. Sie ist ein gutes Beispiel dafür, dass eine derartig neue Entdeckung häufig nicht auf einen spontanen Geistesblitz einer einzelnen Person zurückgeht, sondern das Ergebnis jahrelanger Forschungsaktivitäten ist, an denen viele Labors (häufig auch im internationalen Wettstreit) beteiligt sind. Nicht zuletzt bricht diese Geschichte aber auch eine Lanze für die Hypothesen-getriebene (Grundlagen-)Forschung, bei der ein gewinnbringender Nutzen oft zunächst nicht abzusehen ist und der sich – wenn überhaupt – eher zufällig einstellt.

## Literatur

LANDER, E. (2016): The heroes of Crispr, *Cell* **164**, 19-28.



## **Operationen am offenen Genom – mögliche Anwendungen der CRISPR/Cas-Genschere in der klinischen Medizin**

Vortrag im Rahmen des Bioethik-Symposiums der BWG am 08.10.2020 in Braunschweig

JÜRGEN KRAUTER

Städtisches Klinikum Braunschweig, Medizinische Klinik III, Hämatologie und Onkologie

Im Jahr 2020 erhielten die Forscherinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna gemeinsam den Nobelpreis für Chemie für die Entdeckung der CRISPR/Cas-Genschere. Im Vortrag sollen mögliche Anwendungen für diese molekulargenetische Methode in der klinischen Medizin beschrieben werden.

In der eukaryontischen Zelle ist der Bauplan für die Eiweiße (Proteine) in der (Desoxy-) Ribonukleinsäure (DNA) im Zellkern festgelegt. Die DNA besteht aus einer Abfolge von sogenannten Basen. Diese DNA-Sequenz wird im Rahmen der Eiweißbildung in eine Boten-Ribonukleinsäure (mRNA) umgeschrieben und anhand dieser Matrize werden dann in den sogenannten Ribosomen die Proteine synthetisiert. Dabei codieren jeweils drei aufeinanderfolgende Basen für einen Eiweißbaustein (Aminosäure). Dieser Genetische Code ist für alle Lebewesen auf der Erde universell gültig.

Durch Fehler in der DNA-Sequenz (Mutationen) kann es zu einer Bildung fehlerhafter Proteine kommen. Die Art der Mutationen ist dabei vielfältig und reicht vom Austausch einzelner DNA-Basen („Punktmutation“) bis zum Verlust größerer DNA-Abschnitte.

Nicht alle diese Mutationen wirken sich auf Gestalt oder Funktionsfähigkeit (Phänotyp) des betroffenen Lebewesens aus. Häufig sind aber Mutationen auch die Ursache für Krankheiten. Man unterscheidet hierbei zwei große Gruppen von Mutationen: Keimbahnmutationen sind in den Keimzellen entstanden und können deshalb an Nachkommen weitervererbt werden. In diesen Nachkommen sind die Mutationen dann in allen Körperzellen vorhanden. Deshalb sind Keimbahnmutationen die Ursache für typische Erbkrankheiten wie Bluterkrankheit (Hämophilie), Störungen der roten Blutbildung (Sichelzellanämie, Thalassämie) und viele andere. Insgesamt sind mehr als 4000 betroffene Gene mit fast 6000 zugehörigen Erkrankungsausprägungen beschrieben. Im Gegensatz dazu entstehen sogenannte somatische Mutationen im Laufe des Lebens in einer Körperzelle und werden nur an deren Tochterzellen weitergegeben. Damit sind diese Mutationen nicht vererbbar. Somatische Mutationen sind häufig die Grundlage für bösartige Erkrankungen wie Leukämien oder solide Tumoren.

In der klinischen Medizin wird schon seit Jahrzehnten versucht, genetisch bedingte Erkrankungen zu therapieren, indem der zugrundeliegende Gendefekt möglichst zielgenau „repariert“ wird. Als Paradigma hierfür gelten Bluterkrankungen aus folgenden Gründen: 1.) Die betroffenen Zellen können aus dem Blut oder Knochenmark sehr leicht gewonnen und isoliert werden. 2.) Blutzellen können leicht außerhalb des Körpers kultiviert und verändert werden. 3.) Oft reicht eine teilweise Korrektur des Gendefektes, um eine ausreichende Funktion der Blutbildung wiederherzustellen.

Frühe Formen der Gentherapie beruhten auf dem Prinzip, dass die normale genetische Information für das mutierte Gen durch sogenannte Vektoren (meist ein Virus) in die betroffene



Zelle eingeschleust wurde. Dort sollte diese neue genetische Information zur Bildung des normalen Proteins genutzt und damit die Auswirkung der Mutation zunichtegemacht werden. Problematisch an dieser Technik ist, dass die Vektoren die genetische Information nicht zielgerichtet, sondern an irgendeiner Stelle des Genoms einbauen. Dadurch unterliegt die Bildung des Proteins nicht den normalen Regulationsmechanismen; außerdem können vorher normale Abschnitte der DNA durch den Einbau des Vektors beschädigt werden. Als Folge hiervon kam es in den frühen Phasen der Gentherapie teilweise zu Leukämieerkrankungen bei den Patienten als Folge der DNA-Schädigung durch die Vektoren. Die Anforderung an eine möglichst effiziente und nebeneffektfreie Gentherapie ist deshalb, dass die korrekte genetische Information möglichst zielgerichtet an der richtigen Stelle des Genoms wiederhergestellt wird.

Hierfür eignet sich die CRISPR/Cas-Genschere in hervorragender Weise. Mit dieser Methodik wird die Genschere über eine komplementäre Nukleinsäuresequenz zielgenau an den richtigen Ort im Genom gelotet. Dort kann dann die genomische DNA durch das Cas-Enzym modifiziert werden. Hierfür stehen mittlerweile verschiedene Cas-Varianten zur Verfügung. Diese können u.a. die Ziel-DNA zerstören (nonhomologous end joining, NEJ), Punktmutationen reparieren (base editing) oder längere DNA-Abschnitte anhand einer integrierten Nukleinsäure-Matrize verändern (prime editing). Hierdurch eröffnen sich praktisch unbegrenzte Möglichkeiten der DNA-Modifikation.

In der klinischen Medizin gibt es bereits einige Beispiele für den Einsatz der CRISPR/Cas-Technologie. Teilweise werden bereits Patienten in klinischen Studien behandelt. Ein Fokus dieser Studien ist die Behandlung von Patienten mit angeborenen Störungen der Bildung der roten Blutkörperchen, insbesondere Sichelzellanämie und Thalassämien. Bei beiden Erkrankungen kommt es durch Keimbahnmutationen zu einer gestörten Bildung der Beta-Kette des roten Blutfarbstoffes Hämoglobin. Diese gestörte Hämoglobinfunktion wirkt sich in vielfältiger Weise auf den Körper aus und führt zu schweren Krankheitserscheinungen und lebenslanger Beeinträchtigung. Die Therapie dieser Erkrankungen macht sich zunutze, dass es neben der Beta- auch noch eine Gamma-Kette des Hämoglobins gibt. Diese wird normalerweise nur beim Fetus im Mutterleib gebildet. Nach der Geburt wird die genetische Information für die Gamma-Kette „stillgeschaltet“ und stattdessen die Beta-Kette gebildet. Dieser Vorgang wird durch das Protein BCL11A reguliert. Hier setzt nun die CRISPR/Cas-gestützte Therapie an. Den Patienten werden blutbildende Stammzellen entnommen. In diesen Zellen wird mittels CRISPR/Cas durch NEJ zielgenau ein Teil des BCL11A-Gens zerstört. Dadurch kann die Umschaltung von der Gamma- auf die Beta-Kette nicht mehr stattfinden. Die so modifizierten Zellen werden den Patienten dann nach einer hochdosierten Chemotherapie zurückgegeben. Sie übernehmen dann die Blutbildung und bilden Hämoglobin mit Gamma- anstatt Beta-Ketten. Dieses Hämoglobin ist voll funktionsfähig und mildert die Krankheitserscheinungen der Sichelzellanämie oder Thalassämie deutlich ab.

Weitere Beispiele für derzeitige klinische Anwendungen der CRISPR/Cas-Technologie sind die Umprogrammierung von Abwehrzellen zur Tumorthherapie und die Behandlung von erblichen Formen der Blindheit.

Insgesamt stellt die CRISPR/Cas-Technologie ein sehr wirkungsvolles neues Werkzeug für die Therapie genetisch bedingter Erkrankungen dar. Sie erlaubt die zielgerichtete Modifikation der genetischen Information und damit die Korrektur von mutierten Genabschnitten oder die Ausschaltung einer unerwünschten Genfunktion. Sie eignet sich dadurch in hervorragender Weise als potentielle Behandlungsmethode von monogenetischen (durch eine einzige Genveränderung hervorgerufene) Erkrankungen. Die Anwendung außerhalb der Keimbahn erscheint



ethisch gut vertretbar. Trotz dieser hoffnungsvollen Ansätze müssen aber weiterhin Anwendungsprobleme gelöst werden: Nicht alle Zellen sind so leicht modifizierbar wie Blutzellen. Wege, die CRISPR/Cas-Genschere an den gewünschten Genort zu bringen, müssen also für andere Organe oder Gewebe neu etabliert werden. Darüber hinaus sind trotz der großen Genauigkeit von CRISPR/Cas Kollateralschäden am Genom nicht auszuschließen, deren potentielle Folgen bedacht werden müssen. Zu beachten ist auch, dass viele Erkrankungen multifaktoriell bedingt sind und Eingriffe ins Genom hier allenfalls ein Baustein einer Therapie sein können. Die Bearbeitung dieser Themen in Grundlagenforschung und Klinik wird Aufgabe der nächsten Jahre sein.



## Rechtliche Herausforderungen der somatischen Genom-Editierung

SUSANNE BECK & MAXIMILIAN NUSSBAUM\*

*Die Autorin ist Inhaberin des Lehrstuhls für Strafrecht, Strafprozessrecht, Strafrechtsvergleichung und Rechtsphilosophie in Hannover. Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Lehrstuhl.*

### I. Einführung

Die biotechnologischen Fortschritte im Bereich der Genom-Editierung, nicht zuletzt die (Fort-)Entwicklung des CRISPR/Cas9-Verfahrens, stellen auch die Rechtswissenschaft vor Herausforderungen. Es ist Aufgabe des Rechts, die Grenzen zu markieren, innerhalb derer sich die Technik bewegen darf, seien sie durch die praktischen Risiken von „Fehlschnitten“ der Genschere für die Gesundheit und das Leben von Menschen oder aufgrund prinzipieller Erwägungen besonders im Bereich der Keimbahnintervention geboten. Dieser Beitrag will zunächst einige für die rechtliche Vermessung wesentliche Differenzierungen vornehmen, um sich kurzfristig dem Verbot der Keimbahnintervention und sodann schwerpunktmäßig den rechtlichen Rahmenbedingungen einer somatischen Therapie mittels Genomtherapeutika zu widmen.

### II. Differenzierung

Eine Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen kann nur gelingen, wenn man notwendige Differenzierungen vornimmt. So ist zunächst hinsichtlich des Behandlungsobjektes zu unterscheiden: Wird das Verfahren an menschlichen Körperzellen durchgeführt und bleibt daher der Effekt der Behandlung auf das Individuum begrenzt, handelt es sich um die **somatische Genom-Editierung**. Beim **Keimbahneingriff** hingegen wird durch genetische Veränderung<sup>1</sup> von Keimbahnzellen in das Genom der nachfolgenden Generationen eingegriffen. Schwierigkeiten bei der Abgrenzung von somatischer Therapie und Keimbahntherapie können dort entstehen, wo zwar in somatische Zellen eingegriffen werden soll, aber durch unerwartete Off-Target-Effects, also Doppelstrangbrüche an nicht erwünschten Stellen, Keimbahnzellen verändert werden (Aslan et al. 2018, 5).<sup>2</sup> Da sich die rechtlichen Vorgaben je nach Behandlungsobjekt im Wesentlichen unterscheiden, sollen sie im Folgenden getrennt voneinander diskutiert werden (III./IV.).

Des Weiteren gilt es sowohl bei der somatischen Genom-Editierung als auch bei dem Keimbahneingriff nach Phasen zu unterscheiden: Nach einer **präklinischen Phase** folgt in der Regel eine **klinische Überprüfung** von Sicherheit und Wirksamkeit des Arzneimittels. Erst danach kommt es zu einer **routinemäßigen Anwendung**. Da erstmals in der klinischen Phase eine Überprüfung am Menschen stattfindet, sind die regulativen Anforderungen natürlich ungleich höher als in der Präklinik. Gleichzeitig wird die Klinik im Gegensatz zu der routinemäßigen Anwendung durch das Forschungsinteresse dominiert. Daher sind besonders hohe Anforderungen an die Aufklärung, Einwilligung und den individuellen Schutz des Probanden zu stellen.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vgl. zur begrifflichen Konkretisierung im Zusammenhang der Keimbahnintervention (Schleidgen/Sgodda 2020).

<sup>2</sup> Rechtlich wird dieser Fall der unbeabsichtigten Veränderung der Keimbahn nicht durch das unter III. skizzierte Verbot des § 5 Abs. 1, 2 ESchG gefasst, da die Ausnahme des § 5 Abs. 4 Nr. 3 ESchG analog anzuwenden ist. Vgl. mit dem Hinweis darauf, dass damit, anders als in Art. 9 VI 2 der RL 2001/20/EG angedeutet, kein absoluter Schutz der Keimbahn, sondern nur ein solcher vor intentionalen Veränderungen gewährleistet werden soll (Fateh-Moghadam 2013, 159).

<sup>3</sup> Vgl. unter IV. 2. b).





Dieses Phasen-Modell gerät jedoch bei der Genom-Editierung in der Humanmedizin an seine Grenzen, da, wie noch zu zeigen sein wird<sup>4</sup>, die Phasen nicht streng chronologisch, sondern zum Teil parallel verlaufen. Insbesondere wird darauf zurückzukommen sein, wie eine Anwendung von somatischen Genomeditierungsprodukten unter bestimmten Voraussetzungen ohne (hinreichende) klinische Überprüfung erfolgen kann und die aus jener Anwendung erlangten Erkenntnisse für eine Zulassung nutzbar gemacht werden können.<sup>5</sup>

Letztlich ist mit Blick auf den Eingriffszweck zwischen der **Therapie** und der Verbesserung („**Enhancement**“) zu unterscheiden. Die Frage nach dem Grenzverlauf zwischen diesen beiden Kategorien ist keineswegs neu, stellt sich aber in Anbetracht der neuen technischen Möglichkeiten, insbesondere des Eingriffs in die Keimbahn und damit der genetischen Veränderung der Nachkommen, mit neuer Vehemenz.<sup>6</sup> Eine Abgrenzung ist nicht nur für normative Fragen rund um die Keimbahnintervention von Relevanz, also etwa, ob durch genetische Verbesserungen der Nachkommen ein Klima liberaler Eugenik beschworen wird. Auch die Bestimmung rechtlicher Rahmenbedingungen der somatischen Genom-Editierung hängt maßgeblich davon ab, ob mit ihr therapeutische Zwecke verfolgt werden.<sup>7</sup> So werden beispielsweise an die Aufklärung im Hinblick auf Enhancement-Eingriffe zum Teil höhere Anforderungen gestellt als bei Therapie-Eingriffen. Und was die Frage angeht, ob der Eingriff gegen die guten Sitten verstößt (§ 228 StGB) und eine Einwilligung daher unwirksam ist, so wird vertreten, dass das Doping, also Enhancement zum Zwecke der Verschaffung eines Wettbewerbsvorteils, die rechtfertigende Wirkung der Einwilligung vernichten könne (Beck 2006, 99).

Im Rahmen der klinischen Erprobung von somatischen Genom-Editierungsprodukten dürfte eine Abgrenzung insbesondere erhebliche Auswirkungen auf die Vornahme der Risiko-Nutzen-Abwägung haben. Dass dieser Nutzen nämlich bei einer Therapie, vor allem bei nicht anders therapierbaren und schweren Erkrankungen, als besonders hoch einzustufen ist, liegt nahe. Die also gebotene Abgrenzung von Therapie und Enhancement gestaltet sich im Grenzfall jedoch schwierig. Üblicherweise ist unter der Therapie die Heilung von Krankheiten zu verstehen. Jedoch lässt sich zumindest nicht ohne Schwierigkeiten allgemeingültig bestimmen, wann eine solche Krankheit vorliegt. So stellt sich bereits die Frage, ob es maßgeblich auf die Beeinträchtigung des Individuums oder lediglich auf die biologisch-technische Dysfunktion ankommt (Boorse 1977). Die Bedeutung der vorstehenden Frage lässt sich mit folgendem Beispiel veranschaulichen: Die Männer A und B werden im Erwachsenenalter lediglich 1,60 m groß. Während A jedoch an einer Wachstumshormonstörung leidet und daher eine relativ geringe Körpergröße hat, ist der B Sohn von besonders kleinen Eltern. Eine biologische Dysfunktion liegt dabei nur bei dem A, eine individuell empfundene Beeinträchtigung in der Lebensführung aber eventuell für beide Männer vor. Besonders im Bereich der Gentherapien stellt sich zudem die Frage, wie die Prävention sich in den Kategorien Therapie und Enhancement verorten lässt (Eberbach 2016, 770). Auf diese Fragen einzugehen würde den Umfang dieses Beitrages sprengen, doch zeigen sie die Notwendigkeit eines breit geführten Diskurses zu der Abgrenzung von Therapie und Enhancement auf.

<sup>4</sup> Vgl. unter IV. 2. c).

<sup>5</sup> Vgl. unter IV. 3.

<sup>6</sup> So auch MPG-Stellungnahme, 2019, S. 3 <https://www.mpg.de/13501764/positionspapier-genom-editierung-mpg-de.pdf>.

<sup>7</sup> Ein Blick auf die Verfassung verdeutlicht, dass sowohl in seiner subjektiv- als auch in seiner objektiv-rechtlichen Dimension Art. 2 Abs. 2 GG die körperliche Unversehrtheit in besonderer Weise schützt. Ein ähnliches Gewicht vermag das allgemeine Persönlichkeitsrecht aus Art. 2 Abs. 1 i.V.m. Art. 1 Abs. 1 GG nicht zu vermitteln. Dieses kann in Konstellationen der Selbstoptimierung sogar mit der körperlichen Unversehrtheit in Konflikt stehen.



### III. Exkurs: Regulation der Keimbahnintervention mittels Genom-Editierung

Im Zentrum dieses Beitrages soll zwar die Regulation der somatischen Genom-Editierung stehen. Dabei sollen die wesentlichen rechtlichen Vorgaben sowie aktuelle Debatten, die die Keimbahnintervention betreffen, zumindest grob skizziert werden. Die für die Keimbahnintervention maßgeblichen und limitierenden Vorschriften finden sich im Embryonenschutzgesetz.<sup>8</sup> § 1 Abs. 1 Nr. 2 und § 2 ESchG untersagen die Verwendung von Embryonen zu Forschungszwecken. Dieses Verbot ist zwar dann nicht einschlägig, wenn es sich bezogen auf den Embryo um eine Therapie oder um einen individuellen Heilversuch handelt, bei dem die therapeutische Zwecksetzung im Vordergrund steht<sup>9</sup>. Jedoch ist eine solche Anwendung derzeit mit Blick auf die Sicherheitsbedenken ohnehin nicht möglich. Sollte eine hinreichende Sicherheit und Wirksamkeit der Methode jedoch erreicht werden, steht dem Keimbahneingriff noch immer das Verbot des § 5 ESchG entgegen. Nach Abs. 1 wird derjenige, der die Erbinformation einer menschlichen Keimbahnzelle künstlich verändert, mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe sanktioniert. Ebenso wird nach Abs. 2 bestraft, wer eine künstlich veränderte menschliche Keimzelle zu Reproduktionszwecken verwendet. Das mittlerweile 30 Jahre alte Embryonenschutzgesetz wird jedoch durch zahlreiche neue biotechnologische Verfahren an seine Grenzen getrieben (Faltus 2016a, 872f.; Faltus 2016b, 459ff.). So ist fraglich, ob die genetische Veränderung einer Keimzelle dann von § 5 Abs. 2 ESchG erfasst wird, wenn sie künstlich aus einer induziert pluripotenten Stammzelle (iPS), also aus einer ihrerseits „zurückprogrammierten“ Körperzelle geschaffen wurde. Kaum erfasst dürfte eine Veränderung jedenfalls dann sein, wenn sie die iPS betrifft, die sodann in eine Keimzelle ausdifferenziert wird (Deuring/Taupitz 2020, 105f.). Auch ist ungeklärt, ob das Verbot Eingriffe in das Epi-Genom, das Einfluss auf die Transkriptionsfaktoren hat, erfasst werden, da keine Veränderung der Erbinformation selbst vorliegt (Müller-Terpitz 2018, § 5 ESchG Rn. 2). Grundsätzlich ist es möglich, entstandene und planwidrige Regelungslücken mit Hilfe einer analogen Anwendung einer Vorschrift dort zu schließen, wo eine vergleichbare Interessenlage vorliegt. Für das Strafgesetzbuch – und ein solches ist das ESchG<sup>10</sup> – folgt jedoch aus dem verfassungsrechtlich verankerten Bestimmtheitsgebot (Art. 103 II GG) ein Verbot der Analogie zu Lasten des Täters.

Des Weiteren lässt sich die Frage stellen, ob das Totalverbot nach § 5 ESchG auch dann noch gerechtfertigt ist, wenn sich ein positives Risiko-Nutzen-Profil ergibt und technisch-pragmatische Sicherheitsargumente deshalb in den Hintergrund treten. In der Literatur wird diskutiert, ob sich das Verbot mit ethisch-kategorialen Argumenten und/oder verfassungsrechtlich begründen lässt. Im Zentrum der Debatte steht die Frage, ob der Eingriff in das Genom des Embryos oder der Keimzelle die Menschenwürde des zukünftigen Menschen in ihrer objektiv-rechtlichen Dimension verletzt. Als Argument dafür wird angeführt, dass er als ein Ergebnis zweckgerichteter Herstellung zur Welt kommt und damit zum Objekt fremden Handelns und der Wertvorstellungen seiner möglichen Eltern gemacht wird (Braun 2000, 336). Überzeugender dürfte eine differenzierende Betrachtung sein, die das Selbstbestimmungsrecht des künftigen Menschen in den Blick nimmt: Während eine Therapie, insbesondere von schweren Erbkrankheiten, dem künftigen Individuum zu einer freien Entfaltung der Persönlichkeit ohne bzw. mit weniger krankheitsbedingten Einschränkungen verhelfen kann, stellen sich Verbesserungsmaß-

<sup>8</sup> Daneben wären für die therapeutische Anwendung am lebenden Menschen zur Veränderung der Keimbahnzellen die Vorschriften des § 5 AMG und der §§ 223, 228 StGB wesentlich zu beachten. Stehen dagegen Eingriffe am ungeborenen Embryo in utero in Frage, so ist fraglich, ob das ESchG noch anwendbar, ggf. das GenTG zu beachten und die EU-Vorschriften zu klinischen Studien mit einzubeziehen sind. Dazu ausführlich (Faltus 2019, 67ff.).

<sup>9</sup> Vgl. dazu weiter unten.

<sup>10</sup> Dass eine entsprechende Regulierung im Bereich des Strafrechts vorgenommen wird, lässt sich mit den historisch zur Verfügung stehenden Gesetzgebungskompetenzen begründen (Deuring/Taupitz 2020, 101).



nahmen als problematisch dar, vor allem dann, wenn sie einen durch die Eltern gefassten „Lebensplan“ für das künftige Kind verfolgen (Deuring 2020, 284ff.). Des Weiteren ist zu klären, ob der soziale Druck, der auf künftige Eltern durch die Möglichkeit der therapeutischen Intervention wirkt, einem eugenischen Klima Vorschub leisten könnte (Fateh-Moghadam 2017, 155f.). Letztlich wird diskutiert, ob die Grenze zwischen Therapie und Enhancement, nach einer restriktiven Öffnung fortwährend verblasst und zu einer steten Liberalisierung im Hinblick auf Verbesserungsmaßnahmen führen könnte. Diese bereits breit diskutierten prinzipiellen Erwägungen sollen jedoch nicht im Mittelpunkt dieser Untersuchung stehen, würde ihre Darstellung doch den Umfang des Beitrages sprengen. Vielmehr sollen im Folgenden die vergleichsweise noch wenig beleuchteten rechtlichen Probleme der somatischen Genom-Editierung in den Blick genommen werden.

#### IV. Regulation somatischer Therapie

Auch die Regulation somatischer Genom-Editierungsprodukte ist ein schwieriges Unterfangen. Anders als klassische Arzneimittel wirken sie nicht rein toxikologisch, sondern unterliegen komplexeren Wirkweisen. Aufgrund der Neuheit dieser Produkte kann nur sehr begrenzt auf Erfahrungswerte klinischer Untersuchungen anderer Produkte zurückgegriffen werden (Walter et al. 2011, 806).

Im Bereich der somatischen Genom-Editierung kommt europarechtlichen Vorgaben eine besondere Bedeutung zu: Zentral zu beachten ist dabei zunächst die Verordnung 1394/2007/EG über Arzneimittel für neuartige Therapien (ATMP). Diese ATMP-VO wird vor allem im Hinblick auf wesentliche Begriffsbestimmungen durch die Richtlinie 2001/83/EG ergänzt. Auf nationaler Ebene spielen im präklinischen Bereich vor allem das bereits erwähnte Embryonenschutzgesetz und die §§ 74 ff. des Gentechnikgesetzes eine Rolle (Fateh-Moghadam 2013, 159). Daneben greift im klinischen Bereich das an die ATMP-VO angepasste Arzneimittelgesetz (AMG), sowie die Verordnung über die Anwendung der guten klinischen Praxis bei Durchführung von klinischen Studien (GCP-Verordnung) und schließlich informelles Recht, wie die Helsinki-Deklaration.

##### 1. Rechtliche Einordnung der Genom-Editierung

Die ATMP-VO wurde u. a. erlassen, um einen Rahmen für neue biomedizinische Behandlungsmöglichkeiten zu schaffen und so einen größtmöglichen Schutz für die öffentliche Gesundheit zu gewährleisten.<sup>11</sup> Die Therapieformen gliedert die VO, sowie § 4 Abs. 9 AMG in drei Gruppen auf: Gentherapeutika, somatische Zelltherapeutika, biotechnologisch bearbeitete Gewebeprodukte. Handelt es sich um eine Kombination aus einem Medizinprodukt und einer dieser ATMP, so ist sie als ATMP zu behandeln. Sowohl die ATMP-VO als auch § 4 Abs. 9 AMG verweisen zur weiteren Begriffsbestimmung auf die RL 2009/120/EG zur Änderung der RL 2001/83/EG, die folgende Definition im Anhang 1 Teil IV Nr. 2.1. für Gentherapeutika enthält:

*„Unter einem Gentherapeutikum ist ein biologisches Arzneimittel zu verstehen, das folgende Merkmale aufweist:*

*a) Es enthält einen Wirkstoff, der eine rekombinante Nukleinsäure enthält oder daraus besteht, der im Menschen verwendet oder ihm verabreicht wird, um eine Nukleinsäuresequenz zu regulieren, zu reparieren, zu ersetzen, hinzuzufügen oder zu entfernen.*

<sup>11</sup> Vgl. 1394/2007/EG, Erwägungen Nr. 2 und 3.





*b) Seine therapeutische, prophylaktische oder diagnostische Wirkung steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der rekombinanten Nukleinsäuresequenz, die es enthält, oder mit dem Produkt, das aus der Expression dieser Sequenz resultiert.“*

Eine Klassifizierung von Genom-Editierungsprodukten als Gentherapeutikum liegt zwar nahe, bedarf dennoch aufgrund der Diversität der Produkte einer Betrachtung im Einzelfall (Faltus 2019, 69). Problematisch ist eine Einordnung beispielsweise dann, wenn mit der Veränderung der Erbinformation keine therapeutische, prophylaktische oder diagnostische Wirkung eintritt, weil lediglich die Zelleigenschaften verändert werden. Außerdem steht der Subsumtion eines Epi-Genom-Editierungsprodukts<sup>12</sup> unter den Begriff der Gentherapeutika entgegen, dass gerade keine Veränderung der Nukleinsäuresequenz selbst stattfindet. In diesen beiden Fällen kann auch die Fiktion des Art. 2 Abs. 5 der ATMP-VO nicht helfen, die bei Vorliegen von Eigenschaften von sowohl dem Gentherapeutikum und einem somatischen Zelltherapeutikum oder einem Tissue Engineering Produkt unterstellt, es handle sich um ein Gentherapeutikum (Beck/Seitz 2018, 204f.)<sup>13</sup>. Wie mit diesen Sonderfällen umzugehen ist, ist noch nicht geklärt. Die Klassifizierung als Gentherapeutikum ist letztlich von der zuständigen Bundesoberbehörde, dem Paul-Ehrlich-Institut (PEI) vorzunehmen.

## 2. Rechtliche Rahmenbedingungen nach Phasen

### a) Präklinik

Die präklinische Erforschung von Genom-Editierung an somatischen Zellen begegnet im Vergleich zu anderen Gentherapien keinen Besonderheiten. Fragen stellen sich hier wie dort bzgl. der informierten Einwilligung in die Zellspende, Verwendung der Zellen, der Erhebung und Verwendung genetischer Daten. Im Hinblick auf den Betrieb der Labore sind die Vorschriften des GenTG zu beachten, wobei der Anwendungsbereich gem. § 2 Abs. 3 GenTG bei der klinischen Forschung und Anwendung endet (Faltus 2019, 64).

### b) Klinik – Erprobungshandeln am Menschen

Grundlage für die Zulassung eines ATMP ist, wie grundsätzlich bei jedem Arzneimittel, die klinische Erprobung. Da von experimentellen Versuchen am Menschen erhebliche Risiken für Leben, Gesundheit und Autonomie ausgehen, ist dafür der rechtliche Rahmen der §§ 40 ff. AMG und der §§ 7 ff. GCP-Verordnung<sup>14</sup> zu beachten.

Auf europäischer Ebene ist momentan noch die RL 2001/20/EG (GCP-Richtlinie) von Bedeutung, die bereits Anfang der 2000er Jahre eine erste Harmonisierung der Verfahren bei klinischen Studien bezweckte. Durch die durch die Richtlinie gegebenen Freiräume bei der Umsetzung in nationales Recht waren die Bewertungsmaßstäbe der Mitgliedsstaaten aber nicht hinreichend harmonisiert (Mende et al. 2017; Dormann 2015, 433). Die Richtlinie konnte nur dann bindende Wirkung für Ärzte und Pharmaunternehmen entfalten, wenn sie wie in Deutschland in nationales Recht inkorporiert wurde.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Siehe III.

<sup>13</sup> Siehe hier auch zu der Frage, inwiefern es der Kategorisierung schadet, wenn die mittels Genom-Editierung vorgenommenen Veränderungen gentechnisch nicht mehr nachweisbar sind.

<sup>14</sup> Deutsche Verordnung über die Anwendung der Guten Klinischen Praxis bei der Durchführung von klinischen Prüfungen mit Arzneimitteln zur Anwendung am Menschen.

<sup>15</sup> So findet sich ein Verweis in § 40 Abs. 1 AMG auf die ICH-GCP-Richtlinie. Weitere Vorgaben wurden durch die GCP-Verordnung in nationales Recht übertragen.



Nach § 4 Abs. 23 AMG handelt es sich bei klinischen Prüfungen am Menschen um

*„jede am Menschen durchgeführte Untersuchung, die dazu bestimmt ist, klinische oder pharmakologische Wirkungen von Arzneimitteln zu erforschen oder nachzuweisen oder Nebenwirkungen festzustellen oder die Resorption, die Verteilung, den Stoffwechsel oder die Ausscheidung zu untersuchen, mit dem Ziel, sich von der Unbedenklichkeit oder Wirksamkeit der Arzneimittel zu überzeugen.“*

Von besonderer Bedeutung bei der Durchführung von klinischen Prüfungen ist die ärztliche Vertretbarkeit der Risiken und Belastungen im Verhältnis zu dem Nutzen für die betroffene Person und zur Bedeutung für die Heilkunde gem. § 40 Abs. 1 S. 3 Nr. 2, 2a AMG. Darüber hinaus ist gem. § 40 I S. 3 Nr. 3a, b AMG die informierte Einwilligung in die Teilnahme nach ordnungsgemäßer Aufklärung einzuholen.<sup>16</sup> Außerdem erfordert die Genehmigung der klinischen Studie durch das PEI eine positive Bewertung durch eine interdisziplinär besetzte Ethikkommission gem. §§ 40 Abs. 1 S. 2, 42 AMG.<sup>17</sup> Daneben sind unerwartete Ereignisse gem. § 13 GCP-Verordnung unverzüglich zu melden und die Ergebnisse der Prüfung unabhängig von ihrer Günstigkeit zu veröffentlichen, § 42b AMG.

Bereits 2014 wurde die VO 536/2014/EG (EU-Verordnung zur klinischen Prüfung) zur Aufhebung der RL 2001/20/EG verabschiedet. Zweck ist es zum einen, eine Harmonisierung der Anforderungen an die Durchführung von klinischen Studien auch dort zu erreichen, wo die RL 2001/20/EG noch nicht hinreichend umgesetzt wurde. Außerdem soll eine vereinfachte Genehmigung bei multinationalen klinischen Prüfungen ermöglicht werden, indem Genehmigungsanträge ausschließlich papierlos und in einfacher Ausführung über das gemeinsame EU-Portal gestellt werden (Mende et al. 2017). Die VO tritt jedoch erst in Kraft, nachdem das EU-Portal, dessen Entwicklung sich in den letzten Jahren stetig verzögerte, Funktionsfähigkeit erlangt. Momentan kann von einer Fertigstellung im Laufe des Jahres 2021 ausgegangen werden. Zur Anpassung der deutschen Vorschriften an die Verordnung wurden im 4. AMG-Änderungsgesetz (BGBl. 2016 I 3048) die entsprechenden Vorgaben umgesetzt, wobei deren Inkrafttreten, mit Ausnahme der §§ 41a ff. AMG<sup>18</sup>, an das Inkrafttreten der Verordnung gekoppelt wurde.<sup>19</sup> Von aktueller Bedeutung ist auch die Richtlinie der Kommission zur Guten Klinischen Praxis bei ATPM vom 10.10.2019<sup>20</sup>, die Besonderheiten bzgl. des Studiendesigns, aber auch im Hinblick auf die informierte Einwilligung und die Nachkontrollen für ATPM bereithält. Der Bedarf dieser zusätzlichen Regulierung lässt sich vor allem auf die Irreversibilität der Anwendung, insbesondere von somatischen Genom-Editierungsprodukten, und auf die noch vergleichsweise wenig gesicherte Wirkweise von diesen neuartigen Produkten zurückführen.

### c) Therapeutische Anwendung am Menschen

Im Wesentlichen kommen vier Möglichkeiten in Betracht, ein somatisches Genom-Editierungsprodukt nach bzw. außerhalb der klinischen Prüfung am Menschen in Anwendung zu bringen: Die europäische Zulassung, die nationale Genehmigung, das Härtefallprogramm und die point-of-care-Behandlung.

<sup>16</sup> Daneben ist auch die Einwilligung in die Erhebung und Verwendung der personenbezogenen Daten gem. § 40 Abs. 1 S. 3 Nr. 3c AMG von Bedeutung für die subjektive Legitimation. Vgl. zu der informierten Einwilligung bei klinischen Prüfungen eingehend (Herbst 2019; Eberbach 2019, 112; Dorneck et al. 2019).

<sup>17</sup> Einzelheiten regelt § 8 GCP-VO.

<sup>18</sup> Zur Veränderung der Rolle von Ethik-Kommissionen vgl. (Lippert 2016, 774ff.).

<sup>19</sup> Zu einer „verschleiernenden“ Änderung des AMG im Hinblick auf die Schadensersatzansprüche im Falle der Schädigung und der Aufklärung welche Rechte und Garantien dem Prüfungsteilnehmer zu seinem Schutze zustehen vgl. (Kratz 2020, 1089).

<sup>20</sup> [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-10/atmp\\_guidelines\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/files/eudralex/vol-10/atmp_guidelines_en.pdf).





### aa) Europäische Zulassung

Gem. Art. 27 ATMP-VO, Art. 3 Abs. 1 VO 726/2004/EG ist eine europäische Zulassung grundsätzlich Voraussetzung für den Marktzugang. Dieses zentralisierte Verfahren bezweckt eine europaweit einheitliche wissenschaftliche Beurteilung von Qualität, Unbedenklichkeit und Wirksamkeit eines ATMP. Zu diesem Zwecke durchlaufen diese Arzneimittel von der EMA (European Medicines Agency) koordinierte Begutachtungen spezialisierter Gremien, namentlich das CAT (Committee for Advanced Therapies) und des CHMP (Committee for Medical Products for Human Use). Letztere geben schließlich eine Empfehlung an die Europäische Kommission ab.<sup>21</sup> Der Beurteilungsmaßstab der Gremien ergibt sich im Wesentlichen aus Art. 12 der VO 726/2004/EG, nämlich der hinreichende Nachweis über die Qualität, Sicherheit und Wirksamkeit des Arzneimittels. Für die Inhaber der Zulassung ergibt sich der Vorteil eines Marktzuganges in allen Mitgliedsstaaten der EU. Gleichzeitig scheuen viele Akteure das komplexe, langwierige und vor allem kostenintensive Verfahren.<sup>22</sup>

### bb) Nationale Genehmigung (Krankenhausaussnahme)

Keine europäische Zulassungspflicht besteht gem. Art. 28 ATMP-VO, wenn von der sog. Krankenhausausnahme aus § 4b AMG Gebrauch gemacht wurde.<sup>23</sup> Eine solche nationale Genehmigung kommt dann in Betracht, wenn das ATMP als individuelle Zubereitung für einen einzelnen Patienten ärztlich verschrieben, nach spezifischen Qualitätsnormen nicht routinemäßig<sup>24</sup> hergestellt und in einer spezialisierten Einrichtung der Krankenversorgung unter der fachlichen Verantwortung eines Arztes angewendet wird. Daneben sind die Pharmakovigilanz- und Qualitätsvorschriften der §§ 62 ff. AMG zu beachten und eine Herstellungserlaubnis gem. § 13 AMG einzuholen. Unter diesen Voraussetzungen kann eine Genehmigung des Paul-Ehrlich-Instituts (PEI) gem. § 4b Abs. 3 AMG eingeholt werden.<sup>25</sup> Der Anwendungsbereich einer solchen Genehmigung ist dabei aber nur dann eröffnet, wenn die Herstellung und Anwendung des Produkts vollständig in Deutschland stattfindet.

Im Schrifttum diskutiert man, was unter einer spezialisierten Einrichtung der Krankenversorgung zu verstehen ist. Gem. § 14 Abs. 2 S. 2 TFG ist eine „Einrichtung der Krankenversorgung“ definiert als ein „Krankenhaus“ oder eine „andere ärztliche Einrichtung, die Personen behandelt“. Kritik wird an der Umsetzung des § 4b AMG deshalb geäußert, weil die durch Art. 28 Nr. 2 ATMP-VO vorgenommene Änderung der Art. 3 Nr. 7 RL 2001/83/EG eine Ausnahme nur für „Krankenhäuser“ vorgesehen hat. Eine eigene Definition des Krankenhauses nimmt Art. 28 Nr. 2 ATMP-VO aber nicht vor. „Andere ärztliche Einrichtungen“ i. S. d. TFG können auch private Arztpraxen sein.<sup>26</sup> Ob diese noch unter den Krankenhausbegriff der RL zu fassen sind,

<sup>21</sup> Vgl. zum Verfahren insgesamt Artt. 8 und 9 der ATMP-VO.

<sup>22</sup> Daher sind bis jetzt auch erst acht Gentherapeutika zentral zugelassen. Vgl. zu den einzelnen Produkten [https://www.pei.de/DE/arzneimittel/atmp/gentherapeutika/gentherapeutika-node.html/cms\\_gts=11896422\\_list%253DaltText\\_str\\_sort%252Basc](https://www.pei.de/DE/arzneimittel/atmp/gentherapeutika/gentherapeutika-node.html/cms_gts=11896422_list%253DaltText_str_sort%252Basc).

<sup>23</sup> Für einen Vergleich der Krankenhausausnahme mit einer bedingten europäischen Zulassung nach Art. 14 VO/726/2004/EG vgl. (Machado 2020, 268f.).

<sup>24</sup> Wann ein Arzneimittel nicht routinemäßig hergestellt wird, präzisiert Abs. 2, nämlich dann, wenn sie in so geringem Maße hergestellt und angewendet werden, dass nicht zu erwarten ist, dass hinreichende klinische Erfahrungen gesammelt werden können, um das Arzneimittel umfassend bewerten zu können, oder die noch nicht in ausreichender Anzahl hergestellt und angewendet worden sind, so dass die notwendigen Erkenntnisse für ihre umfassende Bewertung noch nicht erlangt werden konnten. Einen weiteren Anhaltspunkt bietet die Gesetzesbegründung: „Eine Herstellung in einem geringen Umfang [...] liegt vor, wenn eine Herstellung für eine kleine Patientenzahl in einer geringen Menge erfolgt, wobei auch nur eine geringe Häufigkeit gegeben sein darf.“ BT-Drucks. 16/12256, S. 43.

<sup>25</sup> Die Abschnitte über die Zulassung (§§ 21–37 (mit Ausnahme von § 33)) und über die Abgabe von Arzneimitteln (§§ 43–53) finden keine Anwendung.

<sup>26</sup> Kritisch zu dieser Umsetzung (Machado 2020, 267; Bock 2012).



scheint unklar. Fraglich ist also, ob die Umsetzung der ATMP-VO in § 4b AMG zu weit geraten ist. Eine richtlinienkonforme Auslegung könnte aber dahingehend erfolgen, dass die Einrichtung in hinreichender Hinsicht fachlich spezialisiert ist. Unter solchen Umständen steht es insbesondere in Deutschland, wo auch der ambulante Versorgungsstandard hoch ist, nämlich nicht zu befürchten, dass keine adäquaten medizinischen Bedingungen für die Behandlung vorliegen.<sup>27</sup>

### cc) Härtefallprogramm

In Ausnahmefällen ist gem. Art. 83 VO 726/2004/EG, § 21 Abs. 2 Nr. 6 AMG die kostenlose Anwendung<sup>28</sup> eines noch nicht zugelassenen oder genehmigten Arzneimittels im Rahmen eines Härtefallprogrammes (englisch *compassionate use*, „Anwendung aus Mitgefühl“) möglich.<sup>29</sup> Ein Härtefall liegt vor, wenn eine Gruppe von Patienten, die an einer Krankheit leiden, die zu einer schweren Behinderung führen kann oder lebensbedrohlich ist und nicht mit zur Verfügung stehenden und zugelassenen bzw. genehmigten Arzneimitteln geheilt werden kann, die Therapie mit einem (noch) nicht zugelassenen oder genehmigten Arzneimittel beantragen (Jäkel 2009).

Die Verfahrensvoraussetzungen sind in der Arzneimittel-Härtefall-Verordnung<sup>30</sup> konkretisiert: Nach § 2 Abs. 1 AMHV müssen ausreichende Hinweise auf die Wirksamkeit und Sicherheit des Arzneimittels vorliegen. Aus diesem Grund wird weiterhin vorausgesetzt, dass bereits ein Antrag für die zentralisierte Zulassung oder die nationale Genehmigung gestellt ist oder sich das Arzneimittel in der klinischen Prüfung befindet. Häufig müssten diese Prüfungen hinreichend weit fortgeschritten sein, um genügend Informationen zu Wirksamkeit, Sicherheit und Qualität des Mittels zu sammeln (BT-Drucks. 15/5316, 37). Ein Härtefallprogramm ist gem. § 3 AMHV vor Beginn der Durchführung dem PEI anzuzeigen, welches gem. § 4 AMHV widersprechen kann.

### dd) Arzneimittelherstellung

Eine letzte Möglichkeit, somatische Genom-Editierungsprodukte am Menschen in Anwendung zu bringen, liegt in der point-of-care-Behandlung. Das bedeutet, dass die Herstellung des Therapeutikums und die anschließende Anwendung am Patienten durch denselben Arzt erfolgen. Für eine point-of-care-Behandlung besteht deshalb keine (europäische) Zulassungs- oder (nationale) Genehmigungspflicht, weil kein Inverkehrbringen im rechtlichen Sinne, also kein Wechsel der Verfügungsgewalt über das Therapeutikum vorliegt (Faltus 2019, 70). Auch handelt es sich nicht um einen Fall des *compassionate use*, da das Gentherapeutikum nicht für eine ganze Patientengruppe in Anwendung gebracht wird. Die Arzneimittelherstellung zur point-of-care-Behandlung ist in regulatorischer Hinsicht weitgehend unberührt geblieben.

Zu beachten ist jedoch, dass auch hierfür eine Herstellungserlaubnis gem. § 13 Abs. 1 AMG einzuholen ist (Fateh-Moghadam 2013, 163).<sup>31</sup> Diese wird von der nach dem Landesrecht zuständigen Behörde im Benehmen mit dem PEI erteilt, wenn die in § 14 AMG aufgelisteten Voraussetzungen vorliegen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Herstellung und Prüfung

<sup>27</sup> Eingehend (Beck/Seitz 2018, 210; Pannenbecker 2016, § 4b AMG Rn. 18; Faltus/Schulz 2015, 232f.)

<sup>28</sup> Diese Voraussetzung wurde mit der 15. AMG-Novelle eingeführt, um eine Umgehung der europäischen Zulassung und Genehmigung aus wirtschaftlichen Motiven zu verhindern.

<sup>29</sup> So stimmte das PEI im Februar 2020 dem Härtefallprogramm für das Gentherapeutikum *Onasemnogene Apeparvovec-xioi*, das der Behandlung bestimmter Formen spinaler Muskelatrophie bei Kindern im Alter bis zu zwei Jahren dient, zu. <https://www.pei.de/DE/newsroom/hp-meldungen/2020/200203-onasemnogene-apeparvovec-xioi.html>

<sup>30</sup> Die Ermächtigungsgrundlage findet sich in § 80 S. 1 Nr. 3a AMG.

<sup>31</sup> Die Ausnahme des § 13 Abs. 2b S. 1 AMG für Ärzte gilt gerade nach S. 2 Nr. 2 nicht für ATMP.



des Gentherapeutikums nach § 14 Abs. 1 Nr. 6a AMG dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und dass der Hersteller die notwendige Sachkenntnis i.S.v. § 15 AMG nachweisen kann. Daneben stellt § 5 Abs. 1 AMG eine im Einzelfall zu prüfende Grenze für die Anwendung bedenklicher Arzneimittel dar. Hiernach sind nach Abs. 2 Arzneimittel dann bedenklich, wenn sie nach dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse den Verdacht begründen, dass sie bei bestimmungsgemäßen Gebrauch schädliche Wirkung haben, die über ein nach den wissenschaftlichen Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft vertretbares Maß hinausgehen. Diese generalklauselartige Bestimmung ist auch für die Eigenherstellung von Relevanz.

Es bleibt augenfällig, dass die Anforderungen erheblich unter denen einer klinischen Prüfung liegen, obwohl sich die Anwendung der neuartigen Genom-Editierungsprodukte im point-of-care-Verfahren in gewisser Weise auch als ein Erprobungshandeln und gerade noch nicht als Standardbehandlung beschreiben lässt – eine irgendwie geartete adäquate Erprobung hat schließlich noch nicht notwendigerweise stattgefunden. Eine zweite, neben der klinischen Prüfung stehende Form des Erprobungshandelns stellt der individuelle Heilversuch dar. Die point-of-care-Behandlung könnte als ein solcher angesehen werden. Der Unterschied zur klinischen Prüfung liegt darin, dass das Interesse an der Heilung des individuellen Patienten und nicht das Forschungsinteresse im Vordergrund steht. Die Voraussetzungen für den individuellen Heilversuch orientieren sich stark an den Anforderungen, die an eine Standardbehandlung gestellt werden. Es bedarf einer medizinischen Indikation, Aufklärung, Einwilligung und der Durchführung nach den Regeln der ärztlichen Kunst (Huber 2014, 30ff.). Bezüglich der medizinischen Indikation gilt es jedoch zu beachten, dass die klassische Abwägung zwischen dem Nutzen für den Patienten und den mit der Anwendung verbundenen Risiken aufgrund des mangelnden Erfahrungswissens schwerfällt. Daraus dürfte sich ergeben, dass der individuelle Heilversuch nur als ultima ratio, also wenn keine andere Chance zur Rettung des Patientenlebens besteht, angezeigt ist (Bockelmann 1968, 101). Kein Totalverbot eines solchen Verhaltens anzunehmen, lässt sich mit dem Notstand nach § 34 StGB begründen, der bestimmte Handlungen, also etwa den Verstoß gegen arzneimittelrechtliche Vorschriften<sup>32</sup>, rechtfertigt, wenn nur dadurch eine Gefahr für ein Rechtsgut des Patienten (Gesundheit oder Leben) abgewendet werden kann. Aufgrund der medizinischen Unsicherheiten spielt hier die Aufklärung eine zentrale Rolle. Eine Aufklärung im „Großen und Ganzen“ kann nicht ausreichen, sondern es muss gerade darüber aufgeklärt werden, dass es sich bei der Behandlung nicht um den medizinischen Standard handelt. Denn je schwächer die Evidenzlage bei der Anwendung ist und je weniger die individuellen Interessen der Person im Vordergrund stehen, desto höher sind die Anforderungen an die Aufklärung über Wirkweise und insbesondere potentielle Risiken der Anwendung (Hart 2015, 767, 772; Beck/Seitz 2018, 213).

### 3. Spannungsfeld

Es zeigt sich also ein System, das versucht möglichst differenzierend zu wirken: Dort, wo die Anwendung an einer großen Zahl Patienten ermöglicht wird, werden hohe Sicherheitsanforderungen durch das Verfahren gestellt. Sollen hingegen lediglich einzelne Personen mit seltenen und besonders schwerwiegenden Krankheiten behandelt werden, an deren Therapie kein kommerzielles Interesse besteht, stehen einfachere Zugangswege zur somatischen Genom-Editierung zur Verfügung.

So bezweckt die Möglichkeit, vom nationalen Ausnahmeverfahren Gebrauch zu machen, Patienten unter kontrollierten Bedingungen den Zugang zu ATMP auch dann zu ermöglichen, wenn

<sup>32</sup> Vgl. etwa § 96 Nr. 5 AMG.





kein zentral zugelassenes Produkt bereitsteht. Gleichzeitig ermöglicht diese Regelung gerade kleineren und weniger gewinnorientierten Akteuren (Hochschulen und Krankenhäusern), die das zentrale Zulassungsverfahren kaum finanzieren können, die Erforschung und Entwicklung von neuartigen Therapien. Dass dieses Problem dem europäischen Gesetzgeber bewusst ist, zeigt sich beispielsweise in Art. 18 ATMP-VO, der Unternehmen kleinerer und mittlerer Größe die Möglichkeit gibt, eine Bewertung und Zertifizierung von präklinischen Daten durch die EMA nach den gleichen Maßstäben wie bei der Marktzulassung vornehmen zu lassen, um trotz der fehlenden Rechtsverbindlichkeit eine Grundlage für die Gewinnung von Investoren zu schaffen (Walter et al. 2011, 807). Daneben sieht Art. 19 ATMP-VO eine Verringerung der Zulassungsgebühren u.U. für Krankenhäuser, kleine oder mittlere Unternehmen vor. Interessant ist außerdem, dass dieser Weg die Chance birgt, die gesammelten Erkenntnisse für das zentralisierte Zulassungsverfahren nutzbar zu machen. Damit tritt diese Form der nationalen Genehmigung neben die Durchführung von klinischen Prüfungen und soll ihre schwierige Durchführbarkeit kompensieren (Machado 2020, 267). Gänzlich ohne klinische Prüfungen wird aber auch die Krankenhausaussnahme und die mit ihrer Genehmigung verbundene Risiko-Nutzen-Abwägung nicht auskommen (Machado 2020, 270).

Dass die Arzneimittel eigenherstellung prinzipiell als eine Möglichkeit der Umgehung der strengen Zulassungs- und Genehmigungsverfahren gesehen werden kann und „unterreguliert“ erscheint, hat auch der Gesetzgeber erkannt und versucht, mit dem Gesetz für mehr Sicherheit in der Arzneimittelversorgung (GSAV) die entsprechende Lücke zwar nicht völlig zu schließen, aber an Sicherheitsstandards anzupassen (Lietz/Zumdieck 2019, 496f.). So wird dem AMG in § 67 ein 9. Abs. hinzugefügt, der eine Anzeige mit Informationen über Art und Umfang einer Anwendung eines nicht zulassungs- und genehmigungsbedürftigen ATMP bei der zuständigen Bundesoberbehörde (PEI) vorsieht. Eine Widerspruchsmöglichkeit des PEI ist anders als für das Härtefallprogramm gem. § 4 AMHV jedoch nicht vorgesehen. Des Weiteren wurden in § 63j Abs. 1 AMG Dokumentations- und im Falle von Nebenwirkungen Meldepflichten statuiert. Diese Regelungen sollen dem PEI zunächst ermöglichen, einen Überblick über individuelle Eigenherstellungen zu erlangen, um mittel- oder langfristige Prüfmethode und Standards zur Sicherstellung der Qualität und Unbedenklichkeit zu etablieren (BT-Drucks. 19/8753, 52).

## V. Fazit

Die rechtliche Regulierung der Forschung und Anwendung von Genom-Editierungsprodukten steht derzeit noch am Anfang. Je nachdem, welches Behandlungsobjekt betrachtet wird, stellen sich unterschiedliche Fragestellungen: Der Keimbahntherapie werden neben den technischen Sicherheitsbedenken vor allem ethisch-kategoriale Einwände entgegengebracht. Diese betreffen die somatische Genom-Editierung in deutlich geringerem Ausmaß. Bei dieser steht die Regulation vor allem vor der Herausforderung, einen Zugang zu neuartigen und vielversprechenden Therapiemöglichkeiten zu ermöglichen, ohne erhebliche, untragbare Risiken für die individuellen Patienten sowie für die öffentliche Gesundheit zu schaffen. Gerade die zum Teil massiv individualisierten Behandlungsmethoden bedürfen eines differenzierten Zulassungssystems, das aber gleichzeitig nicht zur Umgehung notwendiger regulatorischer Hürden genutzt werden sollte. Die rechtliche Einhegung der Genom-Editierung steht also vor erheblichen Herausforderungen. Aufgabe des Gesetzgebers und Rechtsanwenders ist es, ein umfassendes Bewusstsein zu entwickeln; nicht nur für die Risiken der Technologie, sondern auch für ihren kaum bestreitbaren, potenziellen Nutzen für die Gesellschaft.

Aslan, S. E. et al. (2018): Genom-Editierung in der Humanmedizin: Ethische und rechtliche Aspekte von Keimbahneingriffen beim Menschen. In: CFB- Drucksache: 4/2018.





Beck, S. (2006): Enhancement – die fehlende rechtliche Debatte einer gesellschaftlichen Entwicklung. In: *MedR*: 95-102.

Bock, K. W. (2012): § 4b AMG als bewusst richtlinienwidrig konzipierte Ausweitung der nationalen Genehmigungsmöglichkeiten für Arzneimittel für neuartige Therapien. In: *MedR*: 791-794.

Bockelmann, P. (1968). *Strafrecht des Arztes*. Stuttgart.

Boorse, C. (1977): Health as a Theoretical Concept. In: *Philosophy of Science*: 542-573.

Braun, K. (2000): Kapitulation des Rechts vor der Innovationsdynamik. In: *KJ*: 332-341.

Deuring, S. (2019): Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren der Intervention in die menschliche Keimbahn. CRISPR/Cas9, hiPS-Zellen und Mitochondrientransfer im deutsch-französischen Rechtsvergleich. Berlin Heidelberg.

Deuring, S. & Taupitz, J. (2020): Genom-Editierung an der menschlichen Keimbahn – Deutschland, in: ders.: *Rechtliche Aspekte der Genom-Editierung an der menschlichen Keimbahn - A Comparative Legal Study*. Berlin Heidelberg 99-124.

Dormann, C. (2015): Innovationen bei der Guten Klinischen Praxis. Die rechtliche Bedeutung der ICH-GCP Leitlinie nach der neuen Verordnung 536/2014 über klinische Prüfungen mit Humanarzneimitteln. In: *PharmR*: 431-436.

Dorneck, C. et al. (2019): Contextual Consent. In: *MedR*: 431-439.

Eberbach, W. (2019): Wird die ärztliche Aufklärung zur Fiktion? (Teil 2). In: *MedR*: 111-117.

Faltus, T. (2019): Recht der Genom-Editierung in Pflanzenzucht und Humanmedizin – Regulierung der grünen und roten Genom-Editierung nach dem Mutagenese-Urteil des EuGH und den ersten vermeintlichen Keimbahneingriffen. In: ders.: *Ethik, Recht und Kommunikation des Genome Editings*. Halle 54-77.

Faltus, T. (2016): Reprogrammierte Stammzellen für die therapeutische Anwendung. In: *MedR*: 866-874.

Faltus, T. (2016): Stammzellenreprogrammierung – Der rechtliche Status und die rechtliche Handhabung sowie die rechtssystematische Bedeutung reprogrammierter Stammzellen. In: Hoppe, N. et al.: *Recht, Ethik und Ökonomie der Lebenswissenschaften*. Baden-Baden.

Faltus, T. & Schulz, R. (2015): Die arzneimittelrechtliche Handhabung zellbasierter Therapien in Point-of-Care-Behandlungsmodellen. In: *PharmR*: 228-239.

Fateh-Moghadam, B. (2013): Rechtliche Aspekte der somatischen Gentherapie, in: Fehse, B. & Domasch, S.: *Gentherapie in Deutschland: eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme*. Berlin 151-184.

Fateh-Moghadam, B. (2017): Genome Editing als strafrechtliches Grundlagenproblem. In: *medstra*: 146-156.



- Hart, D. (2015): Heilversuch und klinische Prüfung. In: MedR: 766-775.
- Herbst, T. (2019): Autonomie und broad consent in der medizinischen Forschung. In: RphZ: 271-287.
- Huber, F. (2014): Individueller Heilversuch und klinisches Experiment. Augsburg.
- Jäkel, C. (2009): Hemmnisse für den Compassionate Use durch die 15. AMG-Novelle. In: PharmR: 323-327.
- Kratz, E. J. (2020): Die Vernachlässigung des Probandenrechts tritt zutage. In: VersR: 1082-1094.
- Kügel, W. et. al. (2016): Arzneimittelgesetz. 2. Auflage. München.
- Lietz, C. & Zumdick, U. (2019): Das Gesetz für mehr Sicherheit in der Arzneimittelversorgung. In: PharmR: 493-508.
- Lippert, H.-D. (2016): Die klinische Prüfung mit Arzneimitteln in Deutschland nach neuem Recht. In: MedR: 773-778.
- Machado, G. D. L. (2020): Induzierte pluripotente Stammzellen. In: MedR: 263-271.
- Mende, A. (2017): Grundzüge der EU-Verordnung 563/2014. In: Bundesgesundheitsblatt: 795-803.
- Spickhoff, A. (2018): Medizinrecht. 3. Auflage. München.
- Schleiden, S. & Sgodda, S. (2020): Prozess oder Resultat? Der Begriff der genetischen Veränderung in der Debatte um humane Keimbahninterventionen. In: Ethik in der Medizin: 5-20.
- Walter, C. et al. (2011): Regulatorischer Rahmen für neuartige Therapien. In: Bundesgesundheitsblatt: 803-810.



## CRISPR/Cas9 und die menschliche Lebensform

STEFAN HEUSER

Professur für Systematische Theologie mit dem Schwerpunkt Ethik

Seminar für Evangelische Theologie und Religionspädagogik, TU Braunschweig

„Vermeide es, in Echtzeit philosophieren zu müssen. Denke lieber auf Vorrat.“ Dieser Maxime, die Adriano Mannino und Nikil Mukerji in einem Essay über die Corona-Pandemie entwickelt haben (2020, 105), hat die Ethik hinsichtlich von Fragen rund um die Entwicklung von Gentherapien in den vergangenen Jahrzehnten mehr als entsprochen. Spätestens seit der Entdeckung der Doppelhelix-Struktur durch Watson und Crick im Jahr 1953 folgten bioethische Publikationswellen auf jeden größeren Schub in der Erforschung des menschlichen Genoms. Lange bevor gentechnische Eingriffe an der menschlichen DNA überhaupt in den Rahmen des Möglichen traten, beschäftigte sich die Bioethik bereits mit Fragen der therapeutischen Keimbahnintervention bis hin zu Phantasien der Menschenzüchtung (vgl. Sloterdijk 1999).

Meilensteine der ethischen Diskussion über Interventionen ins menschliche Genom waren die Auseinandersetzungen rund um das Symposium „Man and his Future“ der CIBA-Foundation in London im Jahr 1962, die Diskussion über die Entwicklung der Genchirurgie in den 1980er Jahren (vgl. Bayertz 1987; Enquete-Kommission 1987), die internationalen Debatten über die ethischen Konsequenzen der Erfolge des Humangenomprojekts und Eingriffe in die menschliche Keimbahn rund um die Jahrtausendwende (vgl. Stock 2000), die Reaktionen auf die rasante Entwicklung der CRISPR/Cas9-Technologie (vgl. Nuffield Council on Bioethics 2016), die Diskussion über die Geburt von – angeblich – genetisch veränderten Zwillingsschwestern in China im November 2018 und die – für viele überraschende – Stellungnahme des Deutschen Ethikrats, der mehrheitlich der Auffassung ist, dass es bei monogen vererbten Erkrankungen keine Gründe für ein kategorisches Verbot von Keimbahninterventionen gibt (vgl. Ethikrat 2019).

In den vergangenen Jahrzehnten haben Ethikerinnen und Ethiker demnach reichlich auf Vorrat gedacht. Allerdings scheint die Genforschung der vergangenen Jahrzehnte erst heute, durch die Entwicklung von CRISPR/Cas9 und anderen Techniken, die einzelne Basen bzw. Basensequenzen im Genom gezielt ansteuern, entfernen und ersetzen können, nicht nur die Einführung und Etablierung von somatischen Gentherapien, sondern auch von Interventionen in die menschliche Keimbahn zu eröffnen.

Parallel zu diesen rasanten Entwicklungen im Feld der Biotechnologien hat sich auch die Debatte in der Bioethik verändert: Der bisherige Konsens, dass der Einsatz von genome editing-Technologien auf somatische Zellen beschränkt werden und nicht auf die menschliche Keimbahn ausgedehnt werden soll, wird zunehmend brüchig (vgl. Braun/Meacham 2019). Das zumeist religiös imprägnierte Argument, dem genetischen Substrat der menschlichen Existenz aufgrund seines bloßen Gegebenenseins Unverfügbarkeit zuzugestehen, scheint ebenso an Plausibilität einzubüßen wie Positionen, die einem vermeintlich exzeptionellen Status der Gene auch normative Kraft zubilligen wollen (vgl. Schöne-Seifert 2017).

Vor dem Hintergrund solcher Verschiebungen der bioethischen Debatten muss die Maxime, „auf Vorrat zu denken“, präzisiert werden. Natürlich ist es unabdingbar, sich ethische Traditionen, Begründungsfiguren und Entscheidungswege anzueignen. Wenn ethische Reflexion aber mit wissenschaftlicher Erkenntnis verbunden bleiben und die notwendige Unterscheidung von Naturwissenschaft und Ethik, von Erfahrungswissen und Werturteilen (vgl. Weber 1904; Popper 1980) nicht zu



einer Trennung werden soll, kann ethische Reflexion nicht den evidenzbasierten Einsichten der Forschung in die Wirklichkeit vorgreifen, in der wir uns bewegen. Ethische Reflexion braucht kognitive Gehalte, die neue Biotechnologien wie CRISPR/Cas9 über die Welt der Gene allererst zutage fördern – und sie braucht kritische Reflexionen über unsere Propositionen, Metaphern und Modelle, mit der wir dieser „Wirklichkeit“ Ausdruck und Wirkung verleihen: “The only effect which real things have is to cause belief” (Peirce 1968, 82). Dies gilt auch, wenn man die Aufgabe der Ethik vor allem in der Applikation von – möglichst allgemeingültigen und a priori begründbaren – moralischen Prinzipien sehen würde. Denn auch ein solches Verständnis von Ethik erfordert eine empirisch belastbare und kritische Wirklichkeitshermeneutik auf der Grundlage von Forschungsergebnissen.

Im Folgenden möchte ich in einem ersten Schritt die ethischen Fragen, die die jahrzehntelangen Diskussionen über therapeutische Keimbahneingriffe dominiert haben, einer kritischen Revision unterziehen und zeigen, welche Probleme der diese Debatten dominierende Fokus auf normative Fragestellungen aufwirft (1). Dann werde ich in einem zweiten Schritt zeigen, welche auf die menschliche Lebensform bezogenen, evaluativen und epistemologischen Fragen sich angesichts der CRISPR/Cas9-Technologie vor allem mit Blick auf mögliche Interventionen in die menschliche Keimbahn stellen und was diese Fragen für die Arbeit an wirklichkeitsgemäßen Metaphern im biotechnologischen Kontext bedeuten (2). Der Beitrag schließt mit einem zusammenfassenden, kurzen Fazit (3).

## 1. Eine kritische Revision normativer bioethischer Leitfragen

In ethischen Reflexionen über therapeutische Eingriffe in die menschliche Keimbahn tauchen immer wieder drei Fragen auf, die weite Teile der ethischen Debatte dominieren und in den vorausgreifenden Ethikdiskursen der letzten Jahrzehnte immer wieder artikuliert wurden:

1. Werden durch gentechnische Interventionen in die menschliche Keimbahn moralische Prinzipien oder Regeln übertreten bzw. verletzt?
2. Was sind die Chancen und die Risiken von gentherapeutischen Interventionen in die menschliche Keimbahn – und wie müssen Chancen und Risiken gegeneinander abgewogen werden?
3. Dürfen wir, was wir können?

So sehr sich diese Fragen im öffentlichen Bioethik-Diskurs in den Vordergrund geschoben haben, so sehr verdecken sie auch wesentliche Aspekte dessen, was aus ethischer Perspektive dringlich zu reflektieren wäre.

Zum Beispiel die *dritte Frage*: „Dürfen wir, was wir können?“ Diese im öffentlichen Diskurs über Bioethik – ebenso wie in bioethischem Unterrichtsmaterial für Schulen – immer wieder artikuliert Frage überspringt, was in der Ethik primär zu fragen und zu klären wäre. Vorzuordnen wäre die Frage: „Was *können* wir (überhaupt)?“ Eine Frage, die eine weitere, doppelte Frage voraussetzt: Was genau *wissen* wir über die Wirklichkeit der Gene und was haben wir von ihrem Wirken und Zusammenwirken *verstanden* (Hübner 2017)?

Diese Frage richtet sich angesichts des Aufbaus, des Wirkens und des Zusammenwirkens der Gene auf den Zusammenhang von theoretischem und praktischem Wissen (vgl. Gabriel 2017). Bevor wir demnach fragen, ob wir in diesem Kontext dürfen, was wir können, sollten wir fragen, ob wir etwas vorhaben oder bereits tun, was wir vielleicht gar nicht „können“ – wovon wir also (noch) nicht genug





wissen und was wir (noch) nicht genug verstanden haben, um auf dieser Grundlage in die Wirklichkeit einzugreifen. Diese vorrangige Frage stellt sich nicht nur mit Blick auf ein zu hohes Risiko oder auf die Unüberschaubarkeit der Folgen von Interventionen in eine nicht oder nur partiell verstandene Wirklichkeit. Sie stellt sich auch, weil der Fokus auf der Realisierung von Möglichkeiten die Wahrnehmung, das Verstehen und die kritische Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit und ihren sprachlichen Repräsentationen überspringt.

Es geht bei dieser Betonung der Wahrnehmung dessen, was als wirklich ausgesprochen wird und gelten kann, nicht darum, dem Gegebenen von bestimmten biologischen Strukturen normativen Gehalt zuzuschreiben; dies liefe auf einen Naturalismus hinaus. Es geht vielmehr darum, den Fokus auf die Ergebnisse der Forschung zu richten und angesichts dieser Ergebnisse in eine Auseinandersetzung über die Wirklichkeit und unsere Art, diese Wirklichkeit in Worte und Modelle zu fassen, einzutreten. Ziel ist eine kritische Wirklichkeitshermeneutik, die fragt, wie uns die Wirklichkeit als eine bestimmte und tragfähige Wirklichkeit durch die Forschung erschlossen wird, wie uns diese Wirklichkeit begegnet, ob und wie sie an uns adressiert ist, was sie uns mitteilt, ob und wie wir dieser „Botschaft“ sprachlich entsprechen und wie wir diese Wirklichkeit im Medium unserer Sprache und ihrer Metaphern erkunden, durchmessen, neu entdecken und zur Geltung bringen (vgl. Keller 1998; Ulrich 2010). Die kritische hermeneutische Aufgabe besteht darin, die Wirklichkeit als eine lesbare und zu lesende, an uns adressierte und von uns im Medium von Sprache zur Mitteilung und zur Geltung gebrachte Wirklichkeit wahrzunehmen und zugleich zu fragen, ob unser Sprechen der Wirklichkeit, auf die wir stoßen, gemäß ist (Blumenberg 1983).

Nun liegt es in der Logik wissenschaftlicher Entdeckungen, dass bei ihnen der Zufall, Intuitionen, das Prinzip „Versuch und Irrtum“ und auch ein gehöriges Maß an Verzweiflung über eine als unerträglich empfundene Situation eine wichtige Rolle spielen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Erfindung der Pockenimpfung im Jahr 1796 durch Edward Jenner, der mehr ahnte als verstand, was er tat, als er den achtjährigen James Phipps mit einer Probe aus harmlosen Kuhpockenpusteln infizierte und ihn dadurch gegen Pocken impfte (Riedel 2005). Auch würde der Begriff des Verstehens überdehnt, wenn er eine vollständige statt bloß eine hinreichende Erklärbarkeit bezeichnete. Würden wir fordern, dass als Voraussetzung von Interventionen in die menschliche Keimbahn die gesamte Komplexität der genetischen und epigenetischen Zusammenhänge und Strukturen verstanden sein müsste, würden wir etwas praktisch Unmögliches fordern. Wir müssen nicht alles verstehen, um handeln zu können. Wir würden sonst nie zum Handeln kommen. Damit aber alles „mit rechten Dingen zugeht“, sollten wir *genug* verstehen (Markl 2007).

Das Problem ist, dass die Forschung der letzten Jahrzehnte eine Komplexität der molekularen Strukturen und Zusammenhänge zutage gebracht hat, die sich umgekehrt proportional zu der Gewissheit verhält, die Risiken einer gentechnischen Intervention in die menschliche Keimbahn einschätzen zu können. Es ist eben nicht so, dass der Wissenszuwachs in diesem Feld die Risikoanalysen erleichtert, im Gegenteil: Je mehr wir wissen, desto mehr erkennen wir paradoxerweise, was wir alles nicht wissen und desto größer erscheinen uns die Risiken (vgl. Rehmann-Sutter 2003).

Zu diskutieren wäre daher, ob wir uns nicht immer noch in einem Stadium befinden, in dem wir herausfinden müssen, was uns die Wirklichkeit der Gene zu verstehen gibt und was wir alles noch verstehen müssen, um handeln zu können. In diesem Stadium aber wären wir hinsichtlich von Keimbahninterventionen noch im Bereich der Grundlagenforschung, nicht im Bereich therapeutischer Anwendungen. Sollten wir dennoch ins Risiko gehen wollen und trotz risikofreier, wenn auch ethisch nicht unumstrittener Alternativen (vgl. Rehmann-Sutter 2018) in die menschliche Keimbahn intervenieren, sollte diese unauf löbliche Spannung in der Risikoanalyse zumindest präsent bleiben. Wir müssen dabeibleiben, zu fragen, welche Risiken wir keinesfalls eingehen dürfen und was unter keinen Umständen eintreten darf.



Im engen Zusammenhang mit diesen Überlegungen steht die *zweite Frage* nach der Abwägung von Chancen und Risiken von therapeutischen Keimbahninterventionen. Diese Frage tritt so auf, als könnten wir Chancen und Risiken in diesem Fall *grundsätzlich* gegeneinander abwägen – als wäre „Abwägung“ der Modus, in dem sich die ethische Entscheidungsfindung in diesem Kontext nun einmal bewegt. In der Ethik ist jedoch zwischen Abwägen (auf der Grundlage von Wertattributionen) und Urteilen (auf der Grundlage von Gerechtigkeitsprinzipien) zu unterscheiden (vgl. Lübke 2018). Beim Abwägen kommen möglichst alle Betroffenen und ihre Interessen gleichrangig ins Spiel. Wenn es aber um Fragen der Gerechtigkeit und des Lebensschutzes geht, vor allem beim Schutz von Menschen, die sich nicht selbst schützen können, dann sind andere Interessen erst einmal unterzuordnen (vgl. Maio 2014).

Wenn es um die Existenz und ihre Unversehrtheit geht, dann formuliert die Ethik eindeutige Handlungsmaximen, weil jeder nur ein Leben hat – und weil das Leben jedes Menschen gleichrangig ist. Das kann nicht gegen andere Güter abgewogen werden. Es muss unter diesem Vorrang geurteilt werden. Ethisches Urteilen bezieht sich auf gut begründete Einsichten und Regeln, wie den prinzipiellen Vorrang für die Schwächsten und am meisten Verletzbaren (vgl. Rawls 1994, 261). Über solche Regeln, die bestimmte Risiken ausschließen, gehen wir beim Urteilen nicht hinweg – auch wenn die Chancen noch so groß sind. Denn es könnte ja sein, dass wir günstige Handlungsalternativen entdecken, wenn wir solche Grundregeln nicht überspringen.

Und damit bin ich bei der *ersten Frage*, derjenigen nach den moralischen Prinzipien, in deren Geltungsbereich gentherapeutische Eingriffe in die menschliche Keimbahn möglicherweise fallen bzw. derjenigen Prinzipien, die verletzt würden, wenn wir in die Keimbahn intervenieren könnten, es aber nicht tun.

Hier sind wir in einem klassischen Bereich ethischen Fragens und Urteilens. Das Nicht-Schadens-Prinzip hatte ich schon genannt. Zu nennen wären in diesem Zusammenhang auch die Prinzipien der Autonomie, der Fürsorge und der Gerechtigkeit (Beauchamp/Childress 2013).

Woran aber bestimmen wir, was schadet und was nützt, was Autonomie und Fürsorge bedeuten und was Menschen gerecht wird? Wenn wir solche Prinzipien angesichts bioethischer Fragen inhaltlich füllen wollen, dann können wir nicht nur formal und prinzipiell argumentieren, sondern müssen das Leben in seiner ganzen Formenvielfalt in das Urteilen einbeziehen. Wir müssen dann nach den Formen menschlichen Lebens fragen – nach dem, was alles in einem guten Sinne für uns zu uns Menschen dazugehört. Was gehört zu uns? Sollen z.B. genetisch bedingte Krankheiten in Zukunft noch zu uns gehören – und wenn ja, inwiefern? Wenn nein, warum nicht? Welche Form von Gesundheit gehört zu uns – sind wir gesund, wenn wir leidensfrei und unsere Krankheiten, auch die Erbkrankheiten, los sind – oder sind wir gesund, wenn wir mit unseren Krankheiten umgehen können (Rössler 1977)?

Wir müssen daher über die hier gezeigten und berechtigten normativen Fragestellungen hinaus auch fragen, was gentherapeutische Interventionen für unsere menschliche Lebensform und unser menschliches Selbstverständnis bedeuten (vgl. Lesch 2003). Was bedeuten sie für unser Verständnis der „*Conditio humana*“, von Krankheit und Gesundheit, von Elternschaft und Kindschaft, vom Kinderwunsch und vom ärztlichen Ethos?

Im folgenden zweiten Teil meiner Ausführungen möchte ich auf diese auf die menschliche Lebensform bezogenen ethischen Fragen eingehen, die sich im Kontext der CRISPR/Cas9-Technologie und ihrer Metaphorik stellen und die über die eben verhandelten und den Diskurs weithin dominierenden normativen Fragen hinausgehen.



## 2. Epistemologische und evaluative Fragen und die Arbeit an wirklichkeitsgemäßen Metaphern

Neben normativen Fragen stellen sich im Zusammenhang mit der CRISPR/Cas9-Technologie aus ethischer Perspektive auch evaluative und epistemologische Fragen nach dem, was für uns zu einem guten menschlichen Leben in seinen verschiedenen Formen gehört und was unser damit verbundenes Selbstverständnis ist. Hierzu gehört auch die sehr grundsätzliche Frage, was wir von der *Conditio humana* in ihrer Komplexität wissen. Diese Komplexität trifft uns durch Biotechnologien wie CRISPR/Cas9 gerade wieder neu vor Augen und provoziert vor allem die Frage, was wir von dem, was wir wissen, auch wirklich *verstehen* (vgl. Doerfler 2007). Mit dieser Frage verbindet sich die Suche nach wirklichkeitsgemäßen Metaphern und Modellen, die unsere Wahrnehmung im Medium von CRISPR/Cas9 und anderen Biotechnologien leiten und unser Handeln orientieren können (vgl. Keller 1998).

Die Metaphern, mit denen im Zusammenhang von CRISPR/Cas9 hantiert wird, lassen uns die biotechnologisch erschlossene Wirklichkeit auf eine bestimmte Art und Weise sehen: Fast selbstverständlich reden wir von CRISPR/Cas9 als einer „Gen-Schere“ und von der DNA als einem „Text“. Damit wird die *Conditio humana* als molekulare „Textur“ sichtbar gemacht, die Interventionsmöglichkeiten bereits metaphorisch suggeriert: Wenn man eine „Gen-Schere“ hat und einen „Text“ aus lauter Buchstaben, dann scheint es als naheliegend, unerwünschte Buchstaben herauszuschneiden oder durch andere zu ersetzen.

Die Metaphern der DNA als „Text“ und von CRISPR/Cas9 als „Schere“ implizieren diese Verfügbarkeit, und zwar unabhängig davon, wie sehr uns die molekulare Wirklichkeit der DNA bei dem gezielten Versuch, in sie zu intervenieren, wirklich entgegenkommt. Man kann an dieser Metaphorik geradezu exemplarisch sehen, dass und inwiefern Metaphern nicht nur „wirklichkeitserhellend“, sondern auch „wirklichkeitserstellend“ wirken (Buntfuß 1997, 5). Hinter den „Buchstaben“ ATCG verborgen sich aber mit den Nukleobasen Adenin, Thymin, Cytosin und Guanin Strukturen von erheblicher Komplexität und Schönheit, die nicht nur einen „Text“ aus „Buchstaben“, sondern – um in der Metapher zu bleiben – offenbar auch „Wörter“ bilden, die Teil einer komplexen „Sprache“ der Gene sind, die sich nach bisherigem Kenntnisstand wie jede natürliche Sprache nicht vollständig auf grammatische Regeln ziehen lässt und die wir bislang offenbar nur ansatzweise verstehen.

Das lateinische Wort „texere“ („weben“, „flechten“) weist schon innerhalb dieser Metaphorik darauf hin, dass ein Text immer auch ein komplexes Geflecht mit einer Fülle schwer durchschaubarer Interrelationen und nicht etwa nur eine Ansammlung von Buchstaben ist. Die Metapher „Text“ suggeriert zugleich, dass hier eine „Sprache“ zu lernen wäre, mit der nicht nur bloße „Daten“, sondern auch eine Sprechpraxis mitsamt von Bedeutungen und Sinnzusammenhängen verbunden sind. Vor diesem Hintergrund aber erscheint die Metapher der „Genschere“ als problematisch, ebenso wie die Metapher des „An- und Abschaltens“ von Genen – so zutreffend und aussagekräftig diese Metaphern in anderen Zusammenhängen auch sind.

Letztere Metapher ist aus der Digitaltechnik bekannt. So ist von der DNA auch als „Code“ gesprochen worden, gemäß dem Code der Digitalität 1/0 (An/Aus). Aber auch diese Metaphorik hat Grenzen: Die 1/0-Sequenzen des digitalen Codes sind fließend und im Prinzip beliebig erweiterbar. Sie bilden keine Wörter, sondern stellen Programme dar, d.h. Vorschriften, die umgesetzt werden. Im Bereich des Lebendigen aber gibt es nicht nur ein Entweder-oder, sondern auch verlaufsbezogene Zwischenstadien, die es zu verstehen und zu berücksichtigen gilt. Diese Wirklichkeit biologischer Grauzonen und Übergänge droht verloren zu gehen, wenn wir die Strukturen und Differenzen, die uns mit der molekularen Wirklichkeit der DNA und ihrer Expression begegnen, als „Codes“ beschreiben und sie





ins Fluide bringen, statt uns an „Wörter“ zu halten: z.B. an Proteine, die einen Anfang und ein Ende haben und die bestimmte biologische Botschaften verkörpern. Die Frage ist, ob wir diese „Botschaften“ vernehmen, ob wir die Formen erkennen, die das Leben in seinen Gestalten an uns heranträgt, und ob wir ihnen metaphorisch entsprechen. Diese Arbeit an den Metaphern, in denen uns die Wirklichkeit auf bestimmte Art und Weise begegnet und in denen wir selbst wiederum der Wirklichkeit begegnen, ist Teil des fortschreitenden Erkenntnisprozesses und nie abgeschlossen.

So könnte man davon sprechen, dass jede Zelle zusammen mit den anderen Zellen eine Art „Zell-Orchester“ bildet (vgl. Cremer 2010) oder dass sich Ontogenese als eine „Choreographie“ von Molekülen (vgl. Oyama 2000, 26) vollzieht. Man könnte auch technischer von molekularen „Steuerungsnetzwerken“ reden, in die die DNA eingebettet ist. Das Genom setzt demnach nicht den Phänotyp aus sich heraus; stattdessen wäre von einem Steuerungsnetzwerk zu reden, in dem – an zentraler Stelle – auch die DNA vorkommt, und dessen realer Komplexität wir uns mit der systemtheoretischen Steuerungsmetapher nur unzureichend annähern.

Wenn wir nun, auf der Suche nach einer Metaphorik, die uns die Wirklichkeit nahebringt und die umgekehrt uns der Wirklichkeit nahebringt, von der DNA dennoch als „Text“ in dem Sinne reden, wie man einst vom „Buch“ der Natur gesprochen hat; dann sind wir gefragt, ob wir die DNA nicht wirklich „lesen“ können wie ein Buch, das eine Botschaft für seine Leserinnen und Leser bereithält (vgl. Ulrich 2007). Metaphorisch gesprochen: Lädt uns die DNA mit ihren Strukturen, Rätseln und ihrer erstaunlichen Erforschbarkeit ein, etwas von ihr zu erfahren, etwas mit ihr zu machen, sie zu verändern – und auf welche Weise widersteht sie der „Lektüre“?

Dafür ein weiteres Beispiel: Man hat schon früh diskutiert, inwiefern man der Komplexität der molekularbiologischen Wirklichkeit der Gene durch multifaktorielle, nicht-deterministische Modelle der Vererbung Ausdruck geben kann, die die Ontogenese nicht als Umsetzung eines Programms beschreiben, sondern als schrittweisen Prozess aus genetischen und epigenetischen Wechselwirkungen (vgl. Wolf 1995). Die „Verpackung“ der DNA hat demnach großen Einfluss auf die Regulation der Proteinbiosynthese; jede Zelle existiert in einer Umwelt von Zellen, deren Interrelationen zu erforschen sind (vgl. Neumann-Held / Rehmann-Sutter 2005). Durch die digitalen Berechnungsmöglichkeiten und höhere Auflösung unserer Messungen und Instrumente, insbesondere auch durch den Einsatz von CRISPR/Cas9, reduziert sich diese Komplexität nicht, sondern bildet sich noch stärker ab. Zugleich scheint der gesamte epigenetische Bereich noch nicht hinreichend erforscht zu sein – zum Beispiel auch die „Interaktion“ von Embryo und Mutter. Diesen Bereich aber sollten wir zumindest mitberücksichtigen, wenn wir in das Stadium klinischer Anwendungen gelangen wollen. So stellt sich auch hier die Frage, ob wir nicht noch eine tiefere Einsicht in unsere menschliche Verfasstheit, eine kritische Auseinandersetzung mit unseren Leitmetaphern und viel mehr Forschung benötigen, bevor wir über gentherapeutische Eingriffe in die menschliche Keimbahn nachdenken.

Die CRISPR/Cas9-Technologie verhilft uns, die Komplexität der Wirklichkeit unseres Genoms zu Gesicht zu bekommen. Sie wird uns noch mehr Einblicke in diese „Überkomplexität“ eröffnen, die wir dank der erkenntnisgenerierenden Kraft dieser Technologie auch in unseren Metaphern zur Darstellung bringen und ihr entsprechen sollten. Diese Komplexität leitet uns an zur Suche nach aussagekräftigen Metaphern, nach einer wirklichkeitsgemäßen Metaphorik, die uns die molekulare Wirklichkeit der Gene neu und anders sehen lässt und die einlöst, was Paul Ricoeur eine „lebendige“, die Wirklichkeit in ihrem Werden und in ihren Sinnbezügen erschließende Metapher genannt hat (vgl. Ricoeur 1986).

Offenbar „lädt“ uns die DNA auf vielfältige Weise „ein“, sie zu erkunden und in sie unter der Voraussetzung zu intervenieren, dass die biologischen Strukturen und Vorgänge in ihrer Komplexität





verstanden sind. Auch die Cas9-Nuklease „lädt ein“, mit ihr zu arbeiten und mit ihrer Hilfe zu erkunden, was unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht. Mit diesen Erkenntnisbemühungen verbindet sich eine – durchaus auch interdisziplinäre – Aufgabe, die molekulare Wirklichkeit metaphorisch zu erschließen und zugleich in einer Gegenbewegung die Wirklichkeitsgemäßheit unserer Metaphern kritisch zu prüfen. Ziel ist es, mit der molekularen und genetischen Wirklichkeit und ihren Strukturen und Prozessen zu kooperieren – und diese nicht zu übergehen.

An dieser gemeinsamen Erkenntnisaufgabe machen sich auch evaluative Fragen neben der weithin dominierenden normativen Perspektive der Bioethik fest. Geht es nämlich um die Formen, Strukturen und Differenzen, in denen uns das Leben auf molekularer Ebene begegnet und von denen her wir die Metaphern gewinnen, die unser Verstehen und Handeln leiten, dann stellt sich aus Sicht der Ethik mit besonderer Virulenz die Frage, was zu unserer menschlichen Lebensform gehört – und was wir im Zuge einer zunehmenden technischen Selbstobjektivierung und Selbstinstrumentalisierung nicht von uns selbst aufgeben wollen.

So hat beispielsweise Jürgen Habermas eingewendet, dass Eingriffe in die menschliche Keimbahn eine kategoriale Differenz zum Verschwinden bringen, die bislang unhinterfragt zum Menschen gehörte, nämlich die kategoriale Differenz zwischen Gewachsenem und Gemachtem (vgl. Habermas 2001). Für ihn verbindet sich damit die Frage, ob wir uns denn, wenn unser Genom von einer Naturanlage zum Artefakt geworden ist, noch als ungeteilte Autoren unseres eigenen Lebens verstehen und allen anderen Menschen als ebenbürtigen Personen begegnen können. In seinem Buch über die „Zukunft der menschlichen Natur“ sagt Habermas, dass damit „zwei wesentliche gattungsethische Voraussetzungen unseres moralischen Selbstverständnisses auf dem Spiel (stehen)“ (2003, 124). Gentechnische Eingriffe an der menschlichen Keimbahn konfrontieren uns demnach mit „praktischen Fragen (...), die *Voraussetzungen* moralischen Handelns und Urteilens betreffen. Die Verschiebung der ‚Grenze zwischen Zufall und freier Entscheidung‘ affiziert das Selbstverständnis von moralisch handelnden und um ihre Existenz besorgten Personen *im Ganzen*“ (ebd., im Original kursiv).

Man hat Habermas vorgeworfen, dass er hier tendenziell naturalistisch argumentiere (vgl. Birnbacher 2001; vgl. Siep 2001). Es handelt sich aber im Kern um ein „transzendentes“ Argument, das die Bedingungen der Möglichkeit betrifft, dass sich Menschen selbst als frei ansehen können. Demnach gehört es zu uns Menschen, dass wir uns als frei annehmen und uns nicht ausschließlich als Produkt von Kausalitäten verstehen. Wir unterstellen, dass wir frei sind – und diese Freiheit hängt, so Habermas, daran, dass wir uns nicht als gemachte, sondern als gewordene Lebewesen betrachten und weiterhin betrachten können.

Ob Habermas damit Recht hat, dass eine absichtliche „eugenische Programmierung“ die Bedingungen der Möglichkeit einer Menschenrechtsmoral gleicher und freier Personen aushebelt, kann dahingestellt bleiben – ebenso wie der offenkundige genetische Exzeptionalismus, der seinem Argument zugrunde liegt. Zutiefst fragwürdig sind aber die praktischen Konsequenzen, die auf der Linie seines Arguments liegen. Denn wir würden wohl kaum so weit gehen, zu behaupten, dass Eltern ihre Kinder für ihre eigenen Interessen instrumentalisieren, wenn sie bei ihnen per Keimbahneingriff eine schwere monogenetische Krankheit ausschließen. Man würde eher umgekehrt fragen, ob man den eigenen Nachkommen eine solche Therapie, wenn es sie denn einmal gibt und sie keine unverhältnismäßigen Nebenwirkungen und Risiken mit sich bringt, vorenthalten darf – sofern es keine deutlich weniger risikoreichen Alternativen wie beispielsweise die Präimplantationsdiagnostik gibt (die freilich eigene ethische Probleme aufwerfen).

Die Möglichkeit eugenischer Eingriffe in die menschliche Keimbahn ändert aber tatsächlich etwas am menschlichen Selbstverhältnis. Zwar nicht vorrangig, wie Habermas spekuliert, an den reziproken



Anerkennungsverhältnissen freier und gleicher Bürger, sondern, wie Rehmann-Sutter meint, an unserem Verhältnis zu unserer eigenen Unvollkommenheit und zur Unvollkommenheit anderer (vgl. Rehmann-Sutter 2003, 230).

Es ist letztlich unstrittig, dass wir so furchtbare monogenetische Krankheiten wie Chorea Huntington loswerden wollen. Würden wir aber so weit gehen, dass die Medizin grundsätzlich für die Eliminierung, nicht nur für die Heilung und Linderung von Krankheiten zuständig ist? Vermutlich würden wir einer solchen Totalisierung der Medizin widersprechen und die Eliminierung auf bestimmte, besonders schwerwiegende monogenetische Krankheiten begrenzen. Wo aber ziehen wir die Grenze, wenn wir durch die Möglichkeit zum Eingriff in die menschliche Keimbahn nun einmal sowohl verantwortlich sind für eugenische Veränderungen als auch für die Entscheidung, nicht zu intervenieren und nur den Schweregrad von Krankheiten als Maßstab haben? Die Frage ist, wie wir angesichts fluider Krankheitskonzepte die Grenze zwischen denjenigen Krankheiten ziehen, die per Keimbahnintervention verhindert werden dürfen und denen, die zugelassen werden sollen.

Hinzu kommt ein praktisches Problem, das mit der konstitutiven Offenheit des Krankheitsbegriffs zu tun hat. Er verlangt von uns, vor dem Hintergrund neuer Therapieansätze immer wieder neu zu bestimmen, was alles an hinnehmbarem Leiden zum menschlichen Leben gehört und was wir als vermeidbare Krankheit definieren (vgl. Rehmann-Sutter 2003, 229). Die Pointe von Keimbahninterventionen ist aber gerade nicht die Bearbeitung einer vorliegenden Krankheit, sondern deren prinzipieller Ausschluss. Gentherapeutische Keimbahneingriffe sind demnach im Sinne des klassischen medizinischen Ethos gar keine „Therapie“ (griech. „therapeia“ = Dienst, Pflege, Heilung), sondern der Versuch, Krankheit zu eliminieren. Sie sind eigentlich eine Form des „Engineering“ bzw. des „Enhancements“, dem es nicht darum geht, zu therapieren, was von sich aus da ist, sondern zu gestalten oder zu verbessern, was ins Leben treten darf.

Vermeintlich „therapeutische“ Keimbahninterventionen konfrontieren uns demnach mit einer Reihe von lebensformbezogenen und evaluativen Fragen: Gehören Krankheiten zur menschlichen Lebensform und wenn ja, welche Krankheiten sollen zu uns gehören? Sind wir noch bereit, uns selbst und andere als unvollkommene Lebewesen zu akzeptieren und wenn ja, welcher Grad an Unvollkommenheit erscheint uns als akzeptabel? Soll das ärztliche Ethos nicht nur die Kunst der Therapie, sondern auch Elemente von Ingenieurskunst umfassen – und was ändert sich dadurch in dem Verhältnis von Ärzten und Patienten?

Fragen wie diese signalisieren, dass sich die Konturen dessen, was wir die menschliche Lebensform und unser auf diese Lebensform bezogenes Selbstverständnis nennen können, längst verschoben haben und weiter verschieben werden. Es gibt keine zwingenden, sondern allenfalls gute Gründe, die menschliche Lebensform zu bewahren. Bei steigendem Grad der Selbstinstrumentalisierung und schwindenden Ressourcen der Sinnstiftung wird es jedoch voraussichtlich immer schwieriger werden, auf diese Fragen Antworten zu finden.

### 3. Fazit

Die CRISPR/Cas9-Technologie ist ein hervorragendes Instrument der Grundlagenforschung, das dabei hilft, die enorme Komplexität des Erbguts und der Genregulation von Pflanzen, Tieren und Menschen stärker auszuleuchten und besser zu verstehen. Zugleich dient CRISPR/Cas9 als Grundlage für verlässliche und preiswerte Verfahren, um die DNA verschiedener Organismen gezielt zu verändern. Es ist relativ präzise und hat vermutlich weniger unerwünschte und unvorhergesehene Nebeneffekte als bisherige Verfahren der Gentechnik. Mit CRISPR/Cas9 lassen sich voraussichtlich auch neue und wirksame Therapien gegen Krankheiten wie z.B. Krebs entwickeln.



In Wissenschaft und Ethik herrscht weitgehend Konsens, dass gentherapeutische Eingriffe in die menschliche Keimbahn erst dann zulässig sind, wenn wir uns auf dem Boden von wirklich verstandenem Wissen und weitsichtiger Risikoanalysen befinden. Einstweilen befinden wir uns im Stadium der Grundlagenforschung und sollten uns bis auf weiteres hinsichtlich von Anwendungen auf die Erforschung und Entwicklung somatischer Gentherapien fokussieren. Zugleich brauchen wir eine kritische Grundhaltung, aus der heraus es zu fragen gilt, was wir wirklich verstanden haben von den molekularen und genetischen Grundlagen unserer menschlichen Lebensform, bevor wir erwägen, in die Anwendung zu gehen.

Die DNA lädt uns auf vielfältige Weise ein, sie zu erkunden und vermutlich auch, sie zu verändern. Sie ist aber Teil von überkomplexen und höchst lebendigen Regulations- und Steuerungszusammenhängen, deren Details wahrzunehmen und zu berücksichtigen sind und die weitere intensive Forschung erfordern. Die CRISPR/Cas9-Technologie kann dazu beitragen, diese Komplexität zu berücksichtigen, sie zu erschließen und ihr zu entsprechen – aber auch, sie zu überspringen. Es zeichnet sich als bleibende und gemeinsame Aufgabe von Lebenswissenschaften und Ethik ab, die erkenntnisgenerierende Kraft von Biotechnologien wie CRISPR/Cas9 durch intensive und kontinuierliche Arbeit an den Metaphern zu begleiten, durch die wir versuchen, der komplexen Wirklichkeit der Gene nahe zu kommen, sie zu erkennen, sie zur Geltung kommen zu lassen und ihr zu entsprechen.

#### 4. Literatur:

- Bayertz, Kurt (1987): *GenEthik: Probleme der Technisierung menschlicher Fortpflanzung*. Reinbeck: Rowohlt TB.
- Beauchamp, Tom L. / Childress, James F. (2013): *Principles of Biomedical Ethics*, Oxford: OUP (7. Aufl.).
- Birnbacher, Dieter (2002): Habermas' ehrgeiziges Beweisziel – erreicht oder verfehlt?, in: *DZPhil* 50/1, 121–126.
- Blumenberg, Hans (1983): *Die Lesbarkeit der Welt*, Frankfurt/Main: Suhrkamp (2. Auflage).
- Braun, Matthias / Meacham Darian (2019): The trust game. CRISPR for human germline editing unsettles scientists and society, in: *EMBO Reports*, DOI: 10.15252/embr.201847583 [Abruf am 14.05.2020].
- Buntfuß, Markus (1997): *Tradition und Innovation. Die Funktion der Metapher in der theologischen Theoriesprache*, Berlin/New York: De Gruyter.
- Cremer, Thomas (2010): Von der Genetik zur Epigenetik und Epigenomforschung – Essay zur Geschichte der Vererbungsforschung und zur Zukunft der prädiktiven Medizin, in: Walter Doerfler e.a. (Hg.): *Medicine at the Interface between Science and Ethics*, Nova Acta Leopoldina 361, Halle (Saale): Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 87–166.
- Deutscher Ethikrat (2019): *Eingriffe in die menschliche Keimbahn. Stellungnahme*, Berlin, online unter: <https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-eingriffe-in-die-menschliche-keimbahn.pdf> [Abruf am 20.03.2020].
- Doerfler, Walter (2007): *Conditio Humana as Viewed by a Geneticist*, in: John Swinton and Brian Brock (Hg.), *Theology, Disability and the New Genetics. Why Science Needs the Church*, London: T&T Clark, 115–131.
- Enquete-Kommission Chancen und Risiken der Gentechnologie (1987) *Bericht Chancen und Risiken der Gentechnologie*. Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages. Online unter: [dip21.bundestag.de/dip21/btd/10/067/1006775.pdf](http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/10/067/1006775.pdf) [Abruf am 20.04.2020].
- Gabriel, Markus (2017): *Die Erkenntnis der Welt. Eine Einführung in die Erkenntnistheorie*, Freiburg u.a.: Alber (5. Auflage).





- Habermas, Jürgen (2001): Glaube und Wissen. Friedenspreis des Deutschen Buchhandels 2001, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Habermas, Jürgen (2003): Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?, Frankfurt/Main: Suhrkamp (vierte, erw. Auflage).
- Hübner, Johannes: Was spricht dagegen, Verstehen als Wissen aufzufassen?, in: *Information Philosophie* 4/2017, S. 8–21.
- Keller, Evelyn F. (1998): Das Leben neu denken: Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert, München: Kunstmann.
- Lesch, Walter (2003): Gentherapie und Körperbilder – Anthropologische und ethische Denkanstöße, in: C. Rehmann-Sutter und Hansjakob Müller (Hg.): *Ethik und Gentherapie. Zum praktischen Diskurs um die molekulare Medizin*, Stuttgart: Francke (2. Auflage), 251–260.
- Lübbe, Weyma (2018): Abwägen. Warnung vor einer Metapher der normativen Urteilsbildung, in: *Information Philosophie* Heft 2, 26–37, online unter: <https://www.information-philosophie.de/?a=1&t=8691&n=2&y=1&c=76> [Abruf am 23.4.2020].
- Maio, Giovanni (2014): Medizin ohne Maß? Vom Diktat des Machbaren zu einer Ethik der Besonnenheit, Stuttgart: Trias.
- Markl, Peter (2007): Evolutionstheorie im Kontext, in: Körtner, Ulrich H.J. und Marianne Popp (Hg.) (2007): *Schöpfung und Evolution - zwischen Sein und Design. Neuer Streit um die Evolutionstheorie*, Wien 2007, 13–61.
- Nuffield Council on Bioethics (2016) Genome editing: an ethical review. <https://www.nuffieldbioethics.org/publications/genome-editing-an-ethical-review>. [Abruf am 20.02.2020].
- Neumann-Held, Eva M. / Christoph Rehmann-Sutter (2005): *Genes in Development. Re-reading the Molecular Paradigm*, Durham N.C.: Duke University Press.
- Oyama, Susan (2000): *The Ontogeny of Information. Developmental Systems and Evolution*, Durham: Duke University Press (2. Aufl.).
- Pierce, Charles Sanders (1968): *How to Make Our Ideas Clear* (Über die Klarheit unserer Gedanken), Klaus Oehler (ed.), Frankfurt/Main: Vittorio Klostermann.
- Popper, Karl R. (1980): Die offene Gesellschaft und ihre Feinde I. Der Zauber Platons (The Open Society and its Enemies, I. The Spell of Plato), München: Francke.
- Rawls, John (1994): Gerechtigkeit als Fairneß: politisch und nicht metaphysisch, in: ders., *Die Idee des politischen Liberalismus, Aufsätze 1978–1989*, Wilfried Hinsch (Hg.), Frankfurt/Main: Suhrkamp, 255–292.
- Rehmann-Sutter, Christoph (2003): Politik der genetischen Identität. Gut und schlechte Gründe, auf Keimbahntherapie zu verzichten, in: ders. und Hansjakob Müller (Hg.): *Ethik und Gentherapie. Zum praktischen Diskurs um die molekulare Medizin*, Stuttgart: Francke (2. Auflage), 225–236.
- Rehmann-Sutter, Christoph (2005): Gene, Körperlichkeit und Identität, in: *Zwischen den Molekülen. Beiträge zur Philosophie der Genetik*, Tübingen: Francke, 135–174.
- Rehmann-Sutter, Christoph (2018): Why Human Germline Editing is More Problematic than Selecting Between Embryos: Ethically Considering Intergenerational Relationships, in: *New Bioethics* 24(1), 9–25, online unter: DOI: 10.1080/20502877.2018.1441669 [Abruf am 23.4.2020].
- Ricoeur, Paul (1986): *Die lebendige Metaphero* (Aus dem Französischen von Rainer Rochlitz), München: Fink.
- Riedel, Stefan (2005): Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. In: *Baylor University Medical Center Proceedings*, 18(1), S. 21–55. doi: 10.1080/08998280.2005.11928028. PMID: 16200144; PMCID: PMC1200696 [Abruf am 22.01.2021].
- Rössler, Dietrich (1977): *Der Arzt zwischen Technik und Humanität*, München: Piper.
- Schöne-Seifert, Bettina (2017): Genscheren-Forschung an der menschlichen Keimbahn: Plädoyer für eine neue Debatte auch in Deutschland, in: *Zeitschrift für Ethik in der Medizin* 29, S. 93–96.
- Siep, Ludwig (2002): Moral und Gattungsethik, *DZPhil* 50/1, 111–120.
- Sloterdijk, Peter (1999): *Regeln für den Menschenpark. Ein Antwortschreiben zu Heideggers Brief über den Humanismus*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.





- Ulrich, Hans-G. (2010): Research on Human Life – New Demands for Moral and Ethical Discourses, in: Walter Doerfler e.a. (Hg.): *Medicine at the Interface between Science and Ethics*, Nova Acta Leopoldina 361, Halle (Saale): Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 167-176.
- Ulrich, Hans-G. (1999): Metapher und Widerspruch. Die Suche nach der Wirklichkeit und die Erneuerung der Wahrnehmung in der Ethik, in: Reinhold Bernhardt / Ulrike Link-Wieczorek (Hg.): *Metapher und Wirklichkeit. Die Logik der Bildhaftigkeit im Reden von Gott, Mensch und Natur*, FS Dietrich Ritschl, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 194-206.
- Weber, Max (1904): Die "Objektivität" sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis. In: M. Weber. *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*. 1922. Tübingen: Mohr (Paul Siebeck), 146-214.
- Wolf, Ulrich (1995): The genetic contribution to the phenotype, in: *Human Genetics* 95.2, 127-148.



## Schlusswort zum 16. Bioethik-Symposium der Möglichkeiten und Grenzen der Gen-Therapie mit der „Gen-Schere“

KLAUS GAHL  
Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Sehr geehrte Damen und Herren – Anwesende oder über Online-Teilnahme Mithörende,

am Ende dieses spannenden Symposiums ist wieder zu danken:

den Vortragenden wie dem Moderator, Herrn Prof. Richter,  
den Organisatoren hier im Haus der Wissenschaft,  
den Technikern dieser Hybrid-Veranstaltung (vor allem Herrn Orsinger), die über der  
kleinen Zahl der hier anwesenden Zuhörer hinaus weiteren Interessenten die Teilnahme  
online ermöglicht haben – allen Ihnen vielen Dank!

Die Thematik dieses Symposiums wurde gewählt im Hinblick auf die Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft an die international renommierte Gen-Forscherin Frau Professorin Emmanuelle Charpentier, die grundlegend und bahnbrechend über die Entwicklung der hier vorgestellten CRISPR/Cas-Technik, die sog. Gen-Schere, gearbeitet hat. Frau Charpentier wird in der kommenden Woche in einer besonderen Feierstunde mit der Gauß-Medaille unserer BWG ausgezeichnet.

Zu unserer großen Freude und völligen Überraschung haben wir am Tag vor diesem Symposium erfahren, dass Frau Charpentier – gemeinsam mit ihrer US-amerikanischen Kollegin, der Biochemikerin Professorin Jennifer Anne Doudna – für den diesjährigen Nobel-Preis für Chemie gekürt worden war. Die Feierstunde für die Verleihung der Gauß-Medaille wird in der Dornse im Altstadt-Rathaus Braunschweig am 16. Oktober 2020 mit einer Laudatio des Direktors des Braunschweiger Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung, wo Frau Charpentier von 2013 – 2015 gearbeitet hat, und dem Festvortrag der Preisträgerin stattfinden.

Zurück zu unserem heutigen Symposium! Wie mit den vorausgegangenen 15 Bioethik-Symposien war auch unser heutiges Symposium nicht als eine spezial-wissenschaftliche Präsentation eigener Forschungsberichte der vier Referenten gedacht – vielmehr als ein Einblick in ein unsere Öffentlichkeit, unsere ökonomische und kulturelle Gesellschaft betreffendes aktuelles Wissenschaftsfeld: in die Grundlagen der Gen-Technologie mit der Gen-Schere CRISPR/Cas und deren medizinischen Nutzen für die Diagnostik und Therapie von Krankheiten. Diese Möglichkeiten bedürfen selbstverständlich der nationalen und internationalen rechtlichen Regelungen wie auch der wert-orientierten sozio-kulturellen, der philosophischen und anthropologischen Reflexion. Ist doch abzusehen, dass diese Technik sich auf unser menschliches Selbstverständnis individuell und gemeinschaftlich auswirken wird. Diese vier Problemebenen deutlich zu machen, die Komplexität zu Bewusstsein zu bringen, dass derartige Forschungen nicht von einer einzigen Fachwissenschaft allein bearbeitet werden können – das war auch mit dem heutigen Thema der Gen-Forschung wieder das Anliegen unseres Bioethik-Symposiums. Wir hatten dabei vorwiegend den Einsatz der Genschere in der Humanmedizin im Auge und haben deren Anwendung in der Pflanzenforschung und -züchtung, die Nutzung von gentechnisch veränderten Pflanzen außer Acht gelassen.



Meine Damen und Herren, Sie alle, wir alle haben das Faszinierende und im wörtlichen Sinne Wunderbare der genetischen Informations-Ausstattung und -Weitergabe in biologischen Zellen durch die klare Darstellung der Entwicklung der Gen-Technologie, speziell der sog. CRISPR/Cas-Gen-Schere, durch Frau Professorin Dagmar Wirth miterlebt.

Der Vortrag von Herrn Prof. Krauter gab uns einen Einblick in aktuelle und zukünftige Möglichkeiten medizinischer Anwendung dieser Technik für die Aufklärung und Behandlung (bei angeborenen Gen-Mutationen) und vielleicht auch für die Ausschaltung genetischer Disposition zu erworbenen monogenetischen Gen-Mutationen mit der Folge von Krankheit und (unbehandelt meist tödlichen) Leiden wie z. B. der Sichelzellanämie oder der Mittelmeer-Anämie (Thalassämie) oder bösartigen soliden Tumoren.

Frau Professorin Susanne Beck hat uns die Notwendigkeit von der begrifflichen Kategorisierung bis zu strafrechtlich relevanten nationalen und internationalen juristischen Regelungen deutlich gemacht, die im Blick auf je einzelne Patienten mit Gen-Mutationen und konsekutiver Erkrankung, für Reproduktionsmediziner, auch für Eltern, die sich aufgrund einer genetischen Präimplantationsdiagnostik zur Gen-Therapie entscheiden, vielleicht auch für nachfolgende Generationen zu bedenken sind.

Schließlich hat Herr Prof. Heuser uns erleben lassen, in welche Spannungen uns die Gen-Schere bringen kann: den Konflikt von Gegebenheit unserer genetischen Ausstattung und der Freiheit, diese als Aufgabe anzunehmen und zu gestalten. Ist doch der Mensch in doppeltem Sinne Subjekt seiner Konstellation: ihr unterworfen = subjectus und zugleich Akteur, der sich der genetischen Ausstattung anpassen und ggf. Krankheitsfolgen verhindern kann.

Wie den Referenten und Diskutanten so ist auch Ihnen allen zu danken für Ihre Offenheit und Aufmerksamkeit für dieses brisante, praktisch, ökonomisch und wert-orientiert problem-geladene Thema. Mögen die reichhaltigen Denkanstöße in uns allen nachwirken!

Ihnen allen vielen Dank – und bleiben Sie gesund!

## **Akademie-Vorlesung im Schloss 2020 „Schlaf und Traum“**

Veranstaltungstag:	18. Februar 2020
Veranstalter:	Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft Stadt Braunschweig
Veranstaltungsort:	Kulturinstitut der Stadt Braunschweig, Roter Saal, Schlossplatz, DE-38100 Braunschweig

Er ist eines der großen, faszinierenden Geheimnisse des Lebens: der Schlaf. Warum schlafen wir? Warum müssen wir schlafen? Was geschieht im Schlaf in unserem Körper? Ist unser Gehirn im Schlaf inaktiv? Schläft das ganze Gehirn oder nur (wie bei Delfinen und anderen Tieren) ein Teil? Ist im Schlaf unser ganzes Bewusstsein ausgeschaltet? Schläft nur das Gehirn oder auch der übrige Körper? Schlafen und träumen auch Tiere? Schlafen alle Lebewesen? Was passiert im Winterschlaf?

Die vielen beglückenden oder ängstigenden Träume im Schlaf haben seit eh und je die Menschen bewegt und zu vielen individuellen und kollektiven Bildern, Erzählungen, Phantasien und Mythen angeregt. Traumbilder beschäftigen uns vom Schlaf ins Erwachen, sie können unser Wahrnehmen und Empfinden tagelang gestalten als Bilder, Gefühle oder als Einsichten. Angst- oder Albträume verfolgen uns, Erinnerungs- oder Erwartungsträume lähmen oder befreien uns. In Sprache und Bild, in Musik und Gesang können sie uns begleiten, anregen oder hemmen. Der Schlaf-Wach-Rhythmus prägt unseren Alltag, unseren körperlichen und geistigen Wechsel von Erschöpfung und Erholung, unseren Arbeitsrhythmus. Wie verträgt er sich mit Schichtarbeit? Wodurch kommt es zum Jetlag? Warum freuen wir uns auf den Schlaf? Warum fürchten wir ihn? Ein vielfach ambivalentes Verhältnis und Erlebnis!

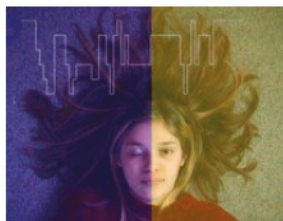
Schlaf und Traum – ein vielfältiges Phänomen mit individuellen und sozialen Konsequenzen!

*Prof. Dr.-Ing. Ulrich H. Reimers*  
Präsident der  
Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

**Dienstag, 18. Februar 2020, 18:30 Uhr**

*Prof. Dr. Evgeni Ponimaskin und Dr. Alexander Wirth*  
Zentrum Physiologie, Zelluläre Mikrobiologie,  
Medizinische Hochschule Hannover

**Schlafphysiologie – die Notwendigkeit der  
geistigen Abwesenheit**



Obwohl wir ungefähr ein Drittel unseres Lebens in diesem Zustand verbringen, fangen wir erst langsam an zu verstehen, welche Rolle der Schlaf und vor allem erholsamer Schlaf spielt, und das nicht nur für unsere Gesundheit.





Neue Forschungsergebnisse bringen immer mehr neue faszinierende Erkenntnisse an den Tag und zeigen uns, welche Vielzahl an Prozessen in diesem Zustand ablaufen. Dass der Schlaf als solches für uns und viele andere Lebewesen essentiell ist, wissen wir schon lange. Schlaf und Traum faszinierten schon die alten Griechen in Form von Hypnos und Morpheus, und auch heute interessieren sich immer mehr Menschen für den Schlaf – nicht zuletzt, weil er vielen Menschen Probleme bereitet.

Traum- und Tiefschlaf, Lernen und Erinnern, Verarbeiten von Emotionen und den Körper aufräumen und von unnötigem Abfall befreien – kommen Sie mit auf eine Reise zu verborgenen physiologischen Prozessen.



## Akademie-Vorlesung im Schloss 2020 „Schlaf und Traum“

### Schlafphysiologie – die Notwendigkeit der geistigen Abwesenheit

ALEXANDER WIRTH

Zentrum Physiologie, Medizinische Hochschule Hannover

Schlaf beschäftigt seit jeher die Menschheit. Bereits die alten Griechen und Römer waren sich der Notwendigkeit des Schlafes für die Gesundheit bewusst. Galen beschrieb den Schlaf bereits als natürlichen Habitus, der in der Nacht stattfindet, damit wir am Tag wach sein können. William Shakespeare beschrieb den Schlaf als sanfte Krankenschwester der Natur und auch der englische Dramatiker Thomas Dekker fand treffende Worte: Schlaf ist das goldene Band, das Gesundheit und unseren Körper bindet. Das heißt von der Antike bis hin in 17./18. Jahrhundert genoss Schlaf einen hohen, gesundheitsfördernden Stellenwert. Im 19. Jh. änderte sich dies: Margaret Thatcher war der Meinung, dass Schlaf nur etwas für Weicheier ist („Sleep is for wimps“) und der Erfinder Thomas Edison bekannt durch die Weiterentwicklung der Glühlampe, bezeichnete Schlaf gar als kriminelle Zeitverschwendung und ein Überbleibsel unserer evolutionären Vergangenheit als wir noch Höhlenmenschen waren („Sleep is a criminal waste of time, inherited from our cave days“).

Es ist erstaunlich wie gesellschaftsfähig Schlafmangel geworden ist. Dies spiegelt sich auch in der Schlafdauer westlicher Nationen wider: innerhalb von nur 70 Jahren büßten diese 2 Stunden wertvollen Schlaf ein. Schliefern die meisten in den 1950er Jahren noch 8 Stunden, so schlafen wir heute im Schnitt nur noch gute 6 Stunden. Einige glauben, Schlaf sei Ihr Feind, weil man doch nichts schaffe. Ich möchte Ihnen hier noch einmal verdeutlichen, dass die alten Ansichten alles andere als falsch sind und wenig Schlaf im Sinne eines Schlafmangels Nichts sein sollte, auf das man stolz sein kann.

Wir als tagaktive Säugetiere verbringen also die Nacht in dem Zustand den wir Schlaf nennen. Aufgrund der Tatsache, dass wir Menschen ungefähr ein Drittel des Tages in diesem Zustand verbringen, sollte man annehmen, dass es sich um etwas Wichtiges handelt. Mittlerweile ist die Forschung soweit, dass man bei Schlaf vielmehr von einem Verhalten als von einem Zustand sprechen sollte. Ein Drittel des Tages in diesem Verhalten zu verharren bedeutet für eine 60-jährige Person, dass diese 20 Jahre lang geschlafen hat. 20 Jahre des Lebens hat Sie in diesem faszinierenden Verhalten zugebracht, eine nicht zu vernachlässigende Zeit. Schließlich verbringen wir mit keinem anderen Verhalten so viel Zeit.

Schlaf ist ein intrinsisches, regelmäßig wiederkehrendes (reversibles) Verhalten, bei dem sich die Bewusstseinslage und Körperfunktion ändern und meist sowohl motorische als auch sensorische Ruhe vorliegt. Der Schlaf ist vollständig reversibel, charakterisiert durch die Abwesenheit von Willkürbewegungen, tritt spontan auf und im Vergleich zum Koma oder einer Narkose intrinsisch, ist meist gebunden an eine spezie-spezifische Haltung und weist eine erhöhte Sinnesschwelle auf.



Schlaf ist ein komplex-koordiniertes und reguliertes Verhalten. Die Frage warum wir schlafen und nicht minder spannend, warum wir nicht mehr schlafen, ist bis heute unbeantwortet. Es gibt lediglich eine ganze Reihe an Ideen, warum es sich lohnt zu schlafen. Einer der Antriebe warum wir schlafen, ist unser innerer zirkadianer Rhythmus. Es hat sich in der Evolution des Menschen offensichtlich als positiv erwiesen zu schlafen. Dieser Mechanismus ist sehr komplex, dennoch werde ich gleich kurz näher auf diesen Rhythmus eingehen. Das zweite was unser Verlangen nach Schlaf reguliert ist die sog. Homöostase: Ein Wechsel zwischen Schlafen und Wachen. Auch dies werde ich im Folgenden noch einmal kurz aufgreifen. Auch wenn wir aus physiologischer Sicht noch gar nicht so genau wissen, warum wir wieder aufwachen, ist die Frage in unserer heutigen Gesellschaft recht einfach zu beantworten. Wir wachen auf, weil wir uns durch unnatürliche Faktoren (Wecker) über unsere Schlafregulationssysteme hinwegsetzen. Aber nicht ohne Folgen. Welche das sein können, werde ich Ihnen im weiteren Verlauf aufzeigen.

Tief im Inneren unseres Gehirns im sog. Thalamus sitzt unsere zirkadiane Hauptuhr. Von dort wird mehr oder weniger das gesamte physiologische Geschehen im Körper zeitlich reguliert. Für die Entschlüsselung der molekularen Mechanismen in diesem Teil des Gehirns, gab es 2017 den Nobelpreis in Medizin. Mit dieser Würdigung erlangte die Notwendigkeit des Schlafens und zirkadianer Prozesse neue Aufmerksamkeit. Hier im Inneren des Gehirns im Thalamus befinden sich Nervenzellen in denen auf molekularer Ebene ein Prozess abläuft, der Tag und Nacht in uns reguliert.

Es ist ein genetisch festgelegtes Programm, welches Tag für Tag abläuft und unsere gesamte Physiologie in einem zeitlichen Verlauf orchestriert. Tagsüber werden in diesen Nervenzellen bestimmte Eiweiße gebildet, das sog. Per und das Cry Protein. Diese lagern sich in der Zelle zusammen und bilden einen Proteinkomplex, der in der Lage ist in den Zellkern der Nervenzellen zu wandern. Dort angekommen, bindet der Eiweißkomplex an Strukturen, die dazu führen, dass Ihre eigene Produktion abgeschaltet wird. In der Nacht wird also kein neues Eiweiß mehr produziert. Im Gegenteil: die beiden sich selbst regulierenden Eiweiße Per und Cry werden abgebaut und der Zyklus kann von vorne beginnen. Dieser molekulare Mechanismus ist die genetisch festgelegte Grundlage unserer Inneren Uhr.

Wie bereits erwähnt, beeinflusst dieser Rhythmus unsere Physiologie. So wird am frühen Abend der Schlafbotenstoff, das sog. Melatonin ausgeschüttet, das den Körper auf den Schlaf vorbereitet. Die Körpertemperatur beginnt zu sinken und wir gleiten in unseren tiefsten Schlaf. Gegen Morgen steigt unsere Körpertemperatur erneut an und die Konzentration des Schlafbotenstoffs sinkt ab. Am frühen Morgen ist unser Körper bereit für geistige Leistungsfähigkeit und weist eine hohe Aufmerksamkeit auf. Am Nachmittag hingegen sorgt das Programm dafür, dass unsere Muskeln sehr leistungsfähig sind und wir unsere höchste körperliche Fitness erreichen. Bevor der Schlafbotenstoff Melatonin wieder ansteigt und uns auf die nächste Nacht vorbereitet und unser genetisch vorgegebener Rhythmus von Neuem beginnt.

Dieses Programm kann sich von Mensch zu Mensch unterscheiden. Tatsächlich diktiert uns unsere Innere Uhr, wann wir am besten schlafen und wann wir am Leistungsfähigsten sind. Aus Schlafphysiologischer Sicht unterscheidet man in Bezug auf den Schlaf zum einen die sog. Lerchen; die Frühaufsteher. Das sind Menschen, die z.B. in aller Regel von alleine gegen 23 Uhr müde werden und nach der ersten Schlafhälfte gegen ca. 3Uhr nachts Ihren Mittelpunkt des Schlafes haben. Um 3 Uhr beginnt also die zweite Schlafhälfte und die Lerchen werden von alleine gegen 7 Uhr morgens wach. Im Gegensatz dazu gibt es die Langschläfer, die Eulen. Die Eule wird erst so richtig müde gegen 3 Uhr nachts und erst dann beginnt ihr erholsamer Schlaf



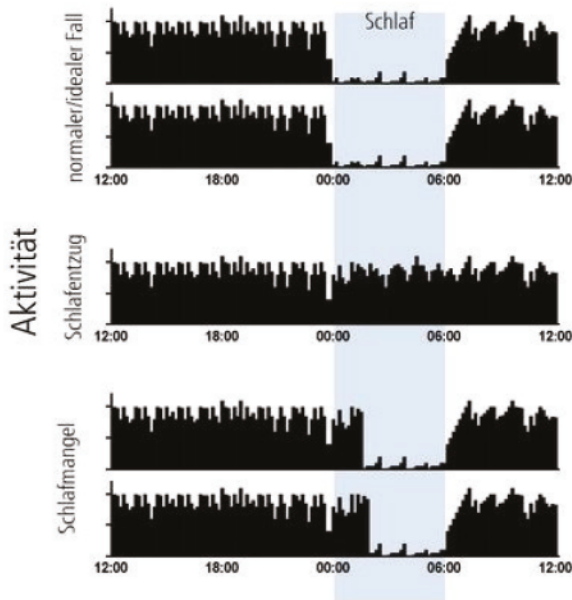
mit der ersten Nachthälfte, die bis etwa 7 Uhr dauert, ihr Mittelpunkt des Schlafes. Die zweite Schlafhälfte beginnt nun um 7 Uhr und die Eule erwacht selbstständig aus dem erholsamen Schlaf gegen 11 Uhr morgens. Die Lerche und die Eule sind dabei nur Extrembeispiele. Vielmehr gibt es ein Kontinuum an Chronotypen in der Gesellschaft. Die Mehrheit der Menschen unserer Gesellschaft ist weder Lerche noch Eule, sondern liegt irgendwo dazwischen. Dieser persönliche Chronotyp ändert sich ein wenig mit den Jahren. Die Eltern unten Ihnen kennen das. Die Kleinsten haben einen recht frühen Chronotyp und stehen in der Regel ab 6 Uhr morgens top fit auf und wollen spielen. Dies ändert sich im Jungendalter und man sieht den Nachwuchs morgens gar nicht mehr. Frühestens gegen Mittag kommen Teens und Twens aus ihrem Zimmer und verlangen ihr Frühstück. Im weiteren Verlauf der Lebensuhr wird der Chronotyp wieder ein früherer<sup>1</sup>.

Die andere bereits angesprochene Stellschraube, die uns zum Schlafen zwingt, ist die sog. Homöostase. Schlaf und Wachheit bedingen einander. Die Schlafphysiologie spricht in diesem Zusammenhang vom sog. Schlafdruck der größer wird, je länger wir wach sind. Am frühen Morgen um 7 Uhr ist der Schlafdruck gering und steigt dann stetig über den Tag an. Legen wir uns dann am Abend wieder schlafen, sinkt der Schlafdruck. Das heißt wir bauen den Schlafdruck beim Schlafen ab. Auch bei einem Mittagschlag nimmt der Schlafdruck kurzzeitig ab, bevor er wieder weiter zunimmt. Schlafdruck häuft sich an, solange wir wach sind. Besonders groß wird er, wenn wir eine Nacht gar nicht schlafen. Wird der Schlafdruck in der Nacht nicht abgebaut, addiert sich der restliche Schlafdruck nach und nach auf. Das heißt Schlafmangel ist akkumulativ. Betrachtet man - als ein Maß für die Müdigkeit - die Zeit die eine Person benötigt um einzuschlafen, die sog. Schlaflatenz, sollten dies üblicherweise nicht mehr als 20 Minuten sein. Lässt man nun Personen, die normalerweise 16 Minuten zum Einschlafen brauchen, nur je 5 Stunden pro Nacht schlafen, resultiert das in einer immer kürzer werdenden Einschlafzeit<sup>2</sup>.

Die vielleicht bekannteste Schlafdruck modulierende Substanz ist das Koffein. Eine Substanz die in die Schlaf-Homöostase eingreift. Wenn Nervenzellen aktiv sind, produzieren diese aktivitätsabhängig verschiedene Substanzen wie z. B. das sog. Adenosin. Dieses Adenosin ist es, was anderen schlafsteuernden Nervenzellen sagt, dass diese uns in den Schlaf legen sollen. Ist nun Koffein zugegen produzieren die Nervenzellen natürlich weiterhin das schlaffördernde Adenosin, doch die Nervenzellen, die den Schlaf einleiten sollten bekommen davon nun nichts mehr mit, da das Koffein deren Funktion (genauer die Adenosinrezeptoren) hemmt. So wird uns also suggeriert wir wären wacher, was letztlich dazu führt, dass wir noch müder als vorher sind, sobald das Koffein aus unserem Körper verschwunden ist.

Nachdem wir nun gesehen haben, welche Systeme daran beteiligt sind, dass wir schlafen wollen, möchte ich nun ein wenig auf die Schlaf-Quantität, also die Dauer und Häufigkeit des Schlafes eingehen. An dieser Stelle sei bereits gesagt, dass es bis heute keine Publikation gibt, die zeigt, dass Schlafmangel auch nur für irgendeine physiologische Funktion dienlich wäre. Es gibt aber sehr viele Publikationen die zeigen, wie wichtig Schlaf für den Körper sein kann.





Hier sehen Sie nun die Tag-Nacht Aktivität eines Menschen, der recht gut auf seinen Tag-Nacht-Rhythmus hört, regelmäßiger Aktivität nachgeht, um 12 Uhr schlafen geht und am nächsten Morgen um 6 Uhr aufsteht, um diesen Rhythmus in sehr ähnlicher Weise erneut zu durchlaufen (Abbildung 1). Diese Person hat ein gut ausgeprägtes Tag-Nacht-Aktivitätsprofil, was einst den normalen, heute eher den idealen Fall darstellt. Das andere Extrem sehen Sie darunter: Dieser Proband verzichtet gänzlich auf seine Nacht und legt sich nicht schlafen. Wir sprechen hier von Schlafentzug. Ein Aktivitätsprofil, wie wir es heute häufig finden, sehen Sie ganz unten. Die Personen weist schon noch einen Tag-Nacht Rhythmus auf, aber nicht mehr so gut und regelmäßig wie diese Person im idealen Fall. Die Person hat abends noch etwas zu tun und bleibt etwas länger auf und in der nächsten Nacht kommt noch etwas Wichtiges dazu, weshalb Sie noch ein bisschen länger aufbleibt, um aber natürlich den Tag zur selben Zeit wie die anderen zu beginnen. Dieses Aktivitätsprofil zeigt einen Schlafmangel, der sobald dieser chronisch wird, massive gesundheitliche Einschränkungen mit sich bringt. In unserer Gesellschaft ist dies allerdings ein akzeptiertes Modell. Wir bleiben länger wach, weil wir glauben mehr erledigen zu können. Was wir im Extremfall aber - ganz ähnlich bei chronischem Schlafmangel - verpassen ist enorm. Schlafmangel kann den tageszeitlich regulierten Verlauf der Hormon-Ausschüttung durcheinanderbringen. Das Cortisol - auch Wachhormon genannt - folgt einem circadianen Verlauf und steigt während der Nacht stark, um am Morgen in einer starken Ausschüttung zu gipfeln. Diese Extraportion fehlt jedoch am frühen Morgen, wenn wir in der Nacht nicht schlafen. Ein wenig anders verhalten sich Schilddrüsen-Hormone. Diese werden kurz vor dem Schlafen gehen am stärksten ausgeschüttet und in der Nacht eher herunterreguliert. Schlafen wir in der Nacht nicht, werden Schilddrüsen-Hormone unkontrolliert ausgeschüttet und



sammeln sich an. Ganz besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Wachstumshormone. Die Wachstumshormone werden ausschließlich in der ersten Nachthälfte nennenswert freigesetzt und fluten den Körper. Diese Wachstumshormone stimulieren sowohl Knochen als auch Muskelwachstum auf natürliche Weise. Wenn wir eine Nacht nicht schlafen werden die Wachstumshormone gar nicht mehr richtig ausgeschüttet. Die große Ausschüttung in der ersten Nachthälfte bleibt gänzlich aus<sup>3</sup>. Forscher konnten mittlerweile zeigen, dass Kinder aus sozial schwächeren Umfeldern, in denen wenig Wert auf Gesundheit gelegt wird, kleiner sind als vergleichbare Kinder aus Umfeldern, in denen auf die Gesundheit geachtet wird. Der totale Schlafentzug ist dabei nur die offenkundigste Art und Weise Schlafmangel herbeizuführen. Der Effekt bei chronischem Schlafmangel ist nicht minder schlecht, nur ist es eher ein schleichender Prozess und die negativen Auswirkungen zeigen sich nicht sofort.

Soweit bekannt ist, ist der Mensch übrigens die einzige intelligente Säugetier-Art, die sich selbst freiwillig Schlafentzug antut. Dabei müsste der Schlaf doch abhängig von der Jahreszeit stark variieren. Chronobiologen und Schlafforscher untersuchen mittlerweile immer häufiger Urvölker wie die Tsimane in Bolivien, die Toba in Argentinien oder die San in Südafrika. Auch bei diesen südlich des Äquators lebenden Völkern hat man einen Unterschied in der Schlafdauer zwischen Sommer und Winter feststellen können<sup>4</sup>. Das heißt also die Schlafdauer ist etwas Variablen, abhängig von der Jahreszeit, also dem Licht, der Temperatur und vom Alter. Säuglinge schlafen bis zu 16 Stunden und verbringen etwa die Hälfte davon im Traumschlaf und die andere Hälfte im Tiefschlaf. Mit zunehmendem Alter wird die Schlafdauer kürzer und der Anteil an Traumschlaf fällt überproportional ab. Während eine gut 30-jährige Person ca. 8 Stunden gesunden Schlaf benötigt, benötigt ein 80-Jähriger mitunter nur noch 6 Stunden physiologischen gesunden Schlaf<sup>5</sup>.

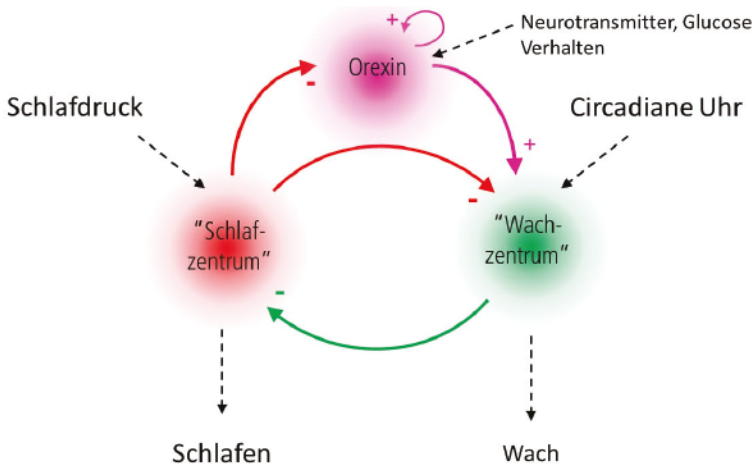
Wer aber nicht genug physiologisch gesunden Schlaf erhält, spielt mit seiner Gesundheit ebenso wie einer der raucht oder sich ausschließlich von Junk-Food ernährt. Bereits eine Nacht Schlafentzug reicht aus, um den Blutdruck in die Höhe zu treiben. Bei einer Schlafdauer von nur 3 Stunden kann dieser deutlich höher als der Blutdruck nach 10 Stunden Schlaf sein und das wie gesagt bereits nach nur einer Nacht<sup>6</sup>. Ganz ähnlich sieht die Situation nach chronischem Schlafmangel aus. Probanden, die für 10 Tage lediglich nur 5 Stunden schlafen durften, zeigten im Vergleich zu Kontrollschläfern eine deutlich erhöhte Herzfrequenz und ebenso einen erhöhten systolischen als auch diastolischen Blutdruck<sup>7</sup>.

Ein weiteres System, welches bei ungesundem Schlaf außer Kehr gerät ist unser Hunger. Hierfür spielen zwei Botenstoffe eine wesentliche Rolle: Zum einen das sog. Leptin, was unserem Gehirn Sättigung signalisiert und zum anderen das sog. Ghrelin, welches dem Gehirn Hunger anzeigt. Haben wir nun nicht genug geschlafen, kommt es zu einer Verschiebung im Hormonhaushalt und in unserem Körper findet sich deutlich mehr Ghrelin als Leptin<sup>8</sup>. Das wiederum bedeutet, dass wir subjektiv mehr Hunger haben, je weniger wir schlafen. Ob wir Hunger haben oder nicht, kann aber auch von unserem Gemütszustand abhängen. Dieser wiederum wird stark von unserem Schlaf beeinflusst. Jeder kennt das Gefühl nach einer zu kurzen Nacht. Wir sind unausgeschlafen, was sich womöglich in schlechter Laune widerspiegelt. Wir sind nörglerisch, impulsiv und am besten redet uns niemand an, denn sonst reagieren wir schnell emotional. Das könnte daran liegen, dass unser Emotionszentrum im Gehirn, die sog. Amygdala deutlich aktiver ist nach einer zu kurzen Nacht als normalerweise. Üblicherweise wird das Gefühlszentrum von einer anderen Region unterdrückt, dieser Mechanismus funktioniert aber nicht mehr, wenn wir zu wenig Schlaf bekommen haben. Die hohe Aktivität des Gefühlszentrums wirkt sich negativ auf unser Lern- und Entscheidungsverhalten aus. Eine Studie hat gezeigt, dass wir uns



Dinge, die wir mit einem bestimmten Gefühl assoziieren deutlich schlechter merken können, wenn wir unter Schlafentzug leiden, als wenn wir gut geschlafen haben. Das Verblüffende daran ist, dass sich diese Einprägbarkeit des Erlernten am deutlichsten auf positiv-assoziierte Stimuli auswirkt und weniger stark auf negative und gar nicht auf neutral-assoziierte Stimuli. Das heißt durch ein zu aktives Gefühlszentrum durch Schlafentzug werden wir blinder gegenüber positiv Erlerntem und auch Erlebtem<sup>9</sup>.

Häufig wird man gefragt, wie man geschlafen hat. Aus neurobiologischer Sicht ist diese Frage aber eigentlich nicht korrekt gestellt, denn Schlaf ist per Definition ein Zustand der Bewusstlosigkeit. Und dennoch gibt es da etwas, was uns am nächsten Morgen nach 8 Stunden Schlaf aufwachen und uns fühlen lässt, als könnten wir Bäume ausreißen. Es gibt aber auch den Morgen, an dem wir nach 8 Stunden Schlaf aufwachen und uns fragen, ob das wirklich das Richtige ist, was wir da tun. Quantität ist offensichtlich nicht alles und so möchte ich Ihnen nun beschreiben, warum sich 8 Stunden von 8 Stunden unterscheiden können.



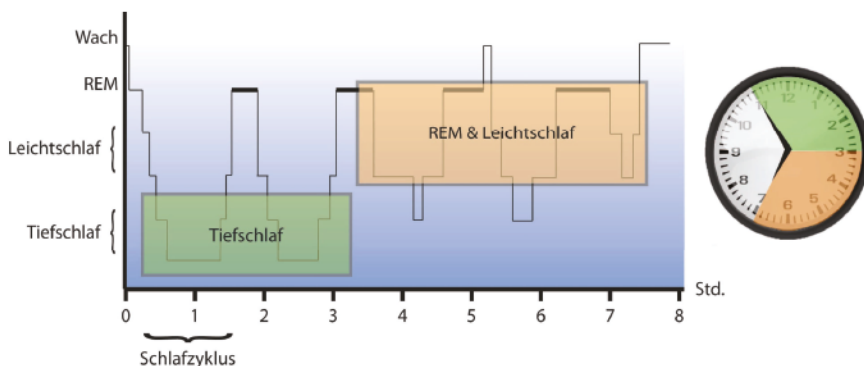
Schlaf ist eine aktive Netzwerkeigenschaft und so kommen wir beim Studium des Schlafes nicht um ein wenig Neurobiologie umhin. Zu Beginn wäre da unser Wach-Zentrum zu nennen. Dieses besteht aus verschiedenen Zentren im Stammhirn und kommuniziert letztlich mit Hilfe vieler verschiedener Neurotransmitter mit dem gesamten Gehirn. Dem gegenüber steht das Schlafzentrum. Dieses Zentrum hemmt unsere Muskeln im Schlaf und sorgt dafür, dass wir unsere Träume nicht ausleben können. Außerdem hemmt es wiederum das Wachzentrum. Und dann gibt es da noch ein drittes Zentrum, welches im Wesentlichen das Wachzentrum moduliert und an Aufweckreaktionen beteiligt ist.

Schematisch sieht das Ganze wie folgt aus (Abbildung 2). Die Nervenzellen des Wachzentrums halten uns wach und unterdrücken das Schlafzentrum. Irgendwann gewinnt dieses Zentrum die Oberhand und schaltet das Wachzentrum ab, sodass wir schlafen. Das Modulationszentrum wird ebenfalls vom Schlafzentrum beeinflusst, kann aber auch unabhängig davon das Wach-



zentrum aktivieren. Diese Verbindung ist besonders im Schlaf wichtig, ist Sie doch entscheidend für den Übergang in den Traumschlaf. Das Wachzentrum wird im Wesentlichen gesteuert durch unsere Innere Uhr, das Schlafzentrum reagiert sensibel auf Schlafdruck und auf die Abbauprodukte, die bei Aktivität entstehen und das Modulationszentrum kann durch viele verschiedene Stimuli beeinflusst werden wie z.B. verschiedene Neurotransmitter, Glukose und auch Verhalten. So ist dieses Zentrum auch an der Nahrungsaufnahme beteiligt, wodurch es das Wachzentrum aktiviert und vereinfacht gesagt wir nach später Nahrungsaufnahme nicht mehr so gut einschlafen können.

Das klingt nun alles recht theoretisch und kompliziert, aber ich bin mir sicher, dass viele von Ihnen schon mal kleine Neurobiologen waren und folgendes Verhalten beobachten konnten: Bei Kleinkindern kann man immer wieder beobachten, wie diese völlig übermüdet nicht aufgeben zu Essen und den Wachtrieb anfeuern, obwohl der Schlafdruck, der das Schlafzentrum aktiviert ganz offensichtlich sehr hoch ist. Doch es gibt auch Erkrankungen, die mit einer Fehlsteuerung dieser Zentren einhergehen, wie z.B. Narkolepsie. Bei dieser Erkrankung gehen Nervenzellen des Modulationszentrums, des Orexinszentrums kaputt. Dies führt auf noch nicht ganz verstandene Weise unter anderem zu einer Muskelhemmung, die im Wachen Zustand beispielsweise durch Stress oder Lachen ausgelöst wird. In diesem Fall wird die gesamte Muskulatur des Patienten gehemmt und er sackt in sich zusammen und das alles bei vollem Bewusstsein. Dennoch kann er nicht antworten oder reagieren, da seine Muskeln gelähmt sind. Dieser Zustand betrifft allerdings nie die Atem- und Schluckmuskulatur. Der Zustand kann verschieden lange dauern, bevor der Patient die Kontrolle über seine Muskeln wieder erlangt.



Diese Prozesse sind beim Menschen nicht ohne Weiteres zu untersuchen. Eine Möglichkeit Schlaf beim Menschen zu untersuchen ist die Elektroenzephalographie, kurz EEG. Bei dieser Methode setzt man Elektroden von außen an den Kopf, mit denen es möglich ist, den Nervenzellen bei der Arbeit zuzusehen. Im wachen Zustand ergeben sich sehr kleine Wellen, die ein sehr unruhiges Muster ergeben. Je tiefer wir in den Schlaf gleiten, desto größer wird die Amplitude der Aktivität der Nervenzellen und je größer werden die Wellen. Das bedeutet, dass die Zellen im Tiefschlaf synchroner arbeiten, als im wachen Zustand. Lediglich im Traumschlaf, sehen wir wieder kleine wilde Wellen im EEG, die ein bisschen an die Wellen im Wachzustand erinnern. Kennzeichnend für den Traumschlaf ist neben dem wilden EEG, die für diese Schlafphase typische Augenbewegung. Beobachten Sie dies doch demnächst mal bei ihrem





Bettnachbarn. Die Augenbewegungen sind auch bei geschlossenen Liedern deutlich zu erkennen. Mit Hilfe dieser Wellen ist es nun möglich den Schlaf zu erfassen und zu beurteilen.

Aus den Aufzeichnungen der Gehirnaktivität und den sich daraus ergebenden Wellen lässt sich das sog. Hypnogramm (siehe Abbildung 3) erstellen. Hier sieht man die Schlafstadien auf einen Blick. Zunächst gelangen wir in den Leichtschlaf und dann in Tiefschlaf. Anschließend folgt der Traumschlaf und diese alle zusammen ergeben einen Schlafzyklus. Dieser wiederholt sich vier bis fünf Mal pro Nacht wobei die Anteile des jeweiligen Schlafstadiums variieren können. Sie erinnern sich an die Chronotypen über die ich eingangs etwas schrieb. Die erste und zweite Nachthälfte unterscheidet sich dahingehend, dass in der ersten Schlafhälfte der Tiefschlaf dominiert, wohingegen in der zweiten Nachthälfte der Traumschlaf vermehrt auftritt. Die Synchronisation der Nervenzellen hängt unter anderem von der zirkadianen Uhr ab, d.h. sollten Sie deutlich verschoben zu Ihrer Inneren Uhr ins Bett gehen, kann es passieren, dass Sie nicht mehr alle Schlafzyklen sauber durchlaufen. Es gibt Hinweise darauf, dass Sie, wenn Sie nach einer Feier mitten in der Nacht schlafen gehen, nur Schlafzyklen aufweisen, die überwiegend aus Traumschlaf bestehen und der Schlaf folglich weniger erholsam ist. Auch während der verschiedenen Schlafzyklen verändern sich physiologische Parameter wie die Herzfrequenz (sinkt im Tiefschlaf) oder die Atemfrequenz (sinkt ebenfalls). Beide steigen im Traumschlaf wieder deutlich an. Dieses Spiel wiederholt sich analog zum Auftreten der Schlafzyklen.

Allerdings sieht so nur der ideale Schlafverlauf aus. Nicht jede Nacht ist gleich und so kann die eine Nacht erholsam und die andere Nacht weniger erholsam sein. Wenn Sie in einer Nacht schlecht geschlafen haben und häufig aufgewacht sind, ärgern Sie sich nicht zu lange, sondern sorgen Sie dafür, dass ihre nächste Nacht wieder erholsamer wird.

Was passiert nun aber in diesen Schlafphasen und warum gibt es Sie. Die am besten untersuchten Schlafstadien sind die Tiefschlafphasen. Die Forschung weiß mittlerweile, dass die Schlafphasen notwendig sind für das Lernen und Erinnern. Am Tage, wenn wir wach sind und neue Dinge erlernen, nimmt unser Gehirn diese auf und speichert das Erlernte zunächst in einem Zwischenspeicher, dem sog. Hippocampus. Im Tiefschlaf werden diese gelernten Informationen gefestigt und konsolidiert, d.h. Sie werden aus dem Zwischenspeicher, dem Hippocampus entfernt und in das Langzeitgedächtnis, dem Cortex transferiert. Im Tiefschlaf findet also auf systemischer Ebene eine Festigung des Wissens statt, damit wir uns am nächsten Tag besser erinnern und das Wissen abrufen können. Das heißt die Erinnerung/das Erlernte ist im Langzeitgedächtnis verankert und der Zwischenspeicher, der Hippocampus ist wieder frei<sup>10</sup>. Das heißt aber auch, damit man etwas lernen kann muss man bereits gut geschlafen haben, denn sonst ist der Zwischenspeicher so voll, dass dieser überhaupt nichts Erlerntes verarbeiten kann, weil er noch mit den Aufgaben von vorgestern beschäftigt ist. So stellt die Forschung sich heute vereinfacht gesagt Lernprozesse vor.

Ganz besonders wichtig ist dieses Wissen um den Zusammenhang von Lernen und Schlaf letztlich für Kinder, für Schüler. Sie sind die chronobiologisch spätesten Typen und schlafen dementsprechend stark gegen ihre innere Uhr an, obwohl gerade Sie doch so viel lernen sollen. Es gibt mittlerweile erste Studien, die die Auswirkungen auf den Schlaf und das Lernen untersuchen. Eine Schule ermöglichte den Schülern der Oberstufe einen flexiblen Schulbeginn bis 09:15 Uhr. Die Schüler konnten selbst entscheiden, ob Sie pünktlich zur ersten Stunde zur Schule gehen oder lieber länger schlafen und erst um 09.15 Uhr da sind. Überraschenderweise hat sich eine Vielzahl für die zweite Variante entschieden, mit der Konsequenz, dass die Schüler tatsächlich länger schliefen. Sie gingen zur selben Zeit wie die Frühaufsteher ins Bett, blieben



aber eine Stunde länger im Bett. Dies hatte positiven Einfluss auf Ihr subjektives Schlafempfinden und Langschläfer stufen Ihren Schlaf als besser ein<sup>11</sup>. Dies zeigte sich im Konzentrationsvermögen dieser Schüler und deckt sich sehr gut mit einer Studie aus den USA. Dort wurde der Schulanfang gleich zwei Stunden von 8 Uhr auf 10 Uhr verschoben, was dazu geführt hat, dass der Anteil der Schüler mit einem bestandenen Abschlusstest um 17% zugenommen hat. Doch der spätere Schulstart hatte nicht nur Auswirkungen auf die Leistung, sondern auch auf die Gesundheit der Schüler. Die Anzahl der Fehltage sank um fast ein Drittel. Auch dieser Effekt lässt sich möglicherweise mit einer verbesserten Schlafqualität erklären<sup>12</sup>.

Denn schlechter bzw. dauerhaft zu kurzer Schlaf erhöht pro-inflammatorische Faktoren und erhöht die Zahl bestimmter Immunzellen im Blut wie z. B. Leukozyten, Monozyten und Neutrophile, sodass sich das Immunsystem bei Schlafentzug in Richtung einer chronischen Entzündung entwickelt. Zusätzlich werden durch zu wenig Schlaf anti-inflammatorische Faktoren reduziert, sowie die Anzahl der T-Helfer Zellen. Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass die Antikörperbildung bei Schlafmangel stark minimiert wird. Dies wurde einmal am Beispiel einer Grippeimpfung gezeigt. Verglichen wurde die Fähigkeit Antikörper zu bilden in zwei Gruppen. Zum einen in einer Schlafkontrollgruppe, die 8 Stunden pro Nacht schlafen durften. Eine andere Gruppe durfte 6 Tage lang nur 4 Stunden schlafen. Nach diesen 6 Tagen bekamen beide Gruppen eine Influenza-Impfung und nach weiteren 10 Tagen wurde der Antikörperspiegel im Blut untersucht. Bei der Gruppe, die vor der Impfung nur 4 Stunden pro Nacht schlafen durfte, war der Antikörperspiegel nur halb so groß wie in der Schlafkontrollgruppe, sodass die Forschung mittlerweile davon ausgeht, dass Schlaf einen nicht zu verachtenden Effekt auf unser Immunsystem hat<sup>13</sup>.

Wir haben Eingangs bereits gesehen, dass sich während der Aktivität von Nervenzellen bestimmte Stoffe wie z.B. das Adenosin ansammeln. Eine andere Substanz die sich im Hirn ansammeln kann ist das sog. beta-Amyloid Protein. Vielleicht haben Sie diesen Namen schon einmal gehört. Das Amyloid Protein spielt bei der Alzheimer Erkrankung eine wesentliche Rolle. Erst in den letzten 10 Jahren hat die Forschung einen ganz besonderen Mechanismus entdeckt, der die Rolle des Schlafes in den Kontext neurologischer Erkrankungen stellt. Sie wissen vielleicht, dass es neben den Nervenzellen noch weitere Zellen im Gehirn gibt. Diese sog. Gliazellen wurden anfangs lediglich für Kitt zwischen den Neuronen gehalten. Mittlerweile wissen wir, dass diese Gliazellen die Nervenzellen mit Nährstoffen versorgen, diese unterstützen und deren Funktion aufrecht halten. Nun aber zu der Entdeckung: diese Gliazellen ziehen sich im Schlaf zusammen und schrumpfen und erhöhen damit das Volumen zwischen den Zellen im Gehirn, das sog. Interstitielle Volumen. Dieses Volumen ist im Schlaf deutlich größer, als im wachen Zustand. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass der Platz zwischen den Zellen im Tiefschlaf am größten ist - nicht im Leicht/Traum Schlaf. Das heißt im Tiefschlaf ziehen sich die Gliazellen zurück und erhöhen den Platz zwischen den Zellen. Das Erstaunliche daran ist, dass durch das Zusammenziehen der Gliazellen der Platz zwischen den Zellen größer wird und es dadurch zu einem Strom der Gehirnflüssigkeit von den Arterien zu den Venen kommt. Auf diesem Weg wäscht die Gehirnflüssigkeit sämtliche Stoffe mit, die sich tagsüber zwischen den Zellen angesammelt haben und das Gehirn wird jede Nacht einmal aufgeräumt<sup>14,15</sup>. Auf diese Art und Weise wird z.B. auch das Amyloid Protein aus dem Gehirn gewaschen. Hier sei als Beispiel noch einmal eine Studie aus dem Jahr 2018 erwähnt: Sie zeigt, dass wenn wir gut und erholsam schlafen, lässt sich das Amyloid Protein in der spinalen Flüssigkeit, die aus dem Gehirn kommt nachweisen. Schlafen wird allerdings schlecht, finden wir



deutlich weniger dieses Proteins in der Flüssigkeit, was bedeutet, dass das Amyloid nicht ausgewaschen werden kann und im Gehirn verbleibt<sup>16</sup>. Wir stehen erst ganz am Anfang diesen Mechanismus, der Glymphatisches System genannt, zu verstehen und er ist Gegenstand vieler Forschungsprojekte.

Am Ende hoffe ich, dass ich Ihnen zeigen konnte, dass es sich lohnt seinen Schlaf ernst zu nehmen, denn erholsamer Schlaf steigert die Konzentration, die Aufmerksamkeit, die Entscheidungsfähigkeit, die Kreativität, die Sozialverträglichkeit und das Immunsystem und Wachstum. Ferner verringert guter Schlaf Stimmungsschwankungen, Stress, Ärger, Impulsivität und schlechte Gewohnheiten. Ich wünsche Ihnen, dass Sie in einem dunklen, reizarmen, kühlen Schlafzimmer, mit wenig Licht vor dem zu Bett gehen mit Stolz Gesundheit schlafen können.

1. Roenneberg, T. *et al.* Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Med. Rev.* **11**, 429–438 (2007).
2. Dement, W. C. Sleep Extension: Getting as Much Extra Sleep as Possible. *Clin. Sports Med.* **24**, 251–268 (2005).
3. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. (Elsevier, 2017).
4. Yetish, G. *et al.* Natural Sleep and Its Seasonal Variations in Three Pre-industrial Societies. *Curr. Biol.* **25**, 2862–2868 (2015).
5. *Principles of neural science*. (McGraw-Hill, Health Professions Division, 2000).
6. Doyle, C. Y. *et al.* Associations between objective sleep and ambulatory blood pressure in a community sample. *Psychosom. Med.* **81**, 545–556 (2019).
7. Meier-Ewert, H. K. *et al.* Effect of sleep loss on C-Reactive protein, an inflammatory marker of cardiovascular risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* **43**, 678–683 (2004).
8. Taheri, S., Lin, L., Austin, D., Young, T. & Mignot, E. Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index. *PLoS Med.* **1**, e62 (2004).
9. Walker, M. P. & van der Helm, E. Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychol. Bull.* **135**, 731–748 (2009).
10. Feld, G. B. & Diekelmann, S. Sleep smart—optimizing sleep for declarative learning and memory. *Front. Psychol.* **6**, (2015).
11. Winnebeck, E. C. *et al.* Later school start times in a flexible system improve teenage sleep. *Sleep* **43**, (2020).
12. Kelley, P., Lockley, S. W., Kelley, J. & Evans, M. D. R. Is 8:30 a.m. Still Too Early to Start School? A 10:00 a.m. School Start Time Improves Health and Performance of Students Aged 13–16. *Front. Hum. Neurosci.* **11**, (2017).
13. Spiegel, K. Effect of Sleep Deprivation on Response to Immunization. *JAMA J. Am. Med. Assoc.* **288**, 1471–1472 (2002).
14. Brzecka, A. *et al.* Sleep Disorders Associated With Alzheimer's Disease: A Perspective. *Front. Neurosci.* **12**, (2018).
15. Xie, L. *et al.* Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain. *Science* **342**, 373–377 (2013).
16. Chen, D.-W., Wang, J., Zhang, L.-L., Wang, Y.-J. & Gao, C.-Y. Cerebrospinal Fluid Amyloid- $\beta$  Levels are Increased in Patients with Insomnia. *J. Alzheimers Dis.* **61**, 645–651 (2017).



## Vortragsreihe im phäno Wolfsburg „Forschung an den Grenzen des Wissens“

Veranstaltungstage: 06., 13., 27.02. und 05.03. 2020

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft  
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen  
phäno Wolfsburg

Veranstaltungsort: phäno Wissenschaftstheater, Willy-Brandt-Platz 1  
DE-38440 Wolfsburg

Für die neue Vortragsreihe haben die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen Referenten aus unterschiedlichen Fachrichtungen gewonnen. Die vier Wissenschaftler haben eines gemeinsam: Getrieben von Neugier versuchen Sie an den Grenzen des Wissens zu forschen und diese vielleicht ein wenig zu erweitern.

### **Donnerstag, 06.02.2020, 18:30 Uhr**

*Konrad Beyreuther*

Netzwerk Altersforschung (NAR), Universität Heidelberg

Prof. Konrad Beyreuther ist einer der weltweit führenden Alzheimerforscher. Er war entscheidend an der Entdeckung der chemischen Struktur der charakteristischen Amyloid-Ablagerungen der Alzheimer Krankheit und dessen Gen beteiligt und wurde dafür vielfach geehrt. Seit 2007 leitet er als Gründungsdirektor das NAR.

### **114 Jahre Alzheimer Forschung - Licht am Ende des Tunnels?**

Im November 1906 beschrieb Alois Alzheimer den ersten Fall einer Erkrankung, die seit 1910 als Alzheimer-Krankheit bezeichnet wird. Er fand Amyloid und Neurofibrillenbündel im Gehirn der dementen Patientin, was niemand erwartet hatte und verstand. Knapp 80 Jahre später, die nächste Überraschung.

Jeder Mensch trägt Gene für Amyloid und kann Amyloid bilden, und Amyloid, eine Art „Protein-Krebs“, löst die Bildung von Neurofibrillen aus, aber nicht jeder Mensch erkrankt. Ein Beweis dafür, dass es sich um eine therapierbare Krankheit handelt, an der etwa 30-35 Millionen weltweit erkrankt sind. Derzeit arbeiten über 20 Tausend Wissenschaftler an den Ursachen der Krankheit und deren Heilung.

### **Donnerstag, 13.02.2020, 18:30 Uhr**

*Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller*

Institut für Erdmessung (IfE), Leibniz Universität Hannover, BWG-Mitglied

Jürgen Müller ist seit 2001 Professor für Physikalische Geodäsie am Institut für Erdmessung der Leibniz Universität Hannover und seit 2008 Ordentliches Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Erforschung





und Nutzung neuartiger Konzepte für die gravimetrische Erdbeobachtung und deren Kombination mit klassischen Methoden sowie in der Analyse von Lasermessungen zum Mond zum Test der Einstein'schen Relativitätstheorie.

### **Erdbeobachtung mit Quanten und Relativität**

Aktuelle technologische Entwicklungen in der Quantenphysik ermöglichen neuartige Anwendungen und Messkonzepte in der Geodäsie und der Erdbeobachtung.

In diesem Beitrag werden wir uns auf zwei neue Konzepte konzentrieren: Eines wendet die Atominterferometrie für die Schwerefeldbeobachtung an, das zweite nutzt Uhrennetzwerke, um Höhenunterschiede zwischen den Uhren-Standorten zu bestimmen. Im ersten Fall, werden Schwereanomalien mittels frei-fallender Atome („Quanten-Gravimetrie“) beobachtet; diese Technik kann auch für künftige gradiometrische Messungen im Weltraum benutzt werden. Im zweiten Fall – gemäß der Einstein'schen Relativitätstheorie – kann man aus Frequenzvergleichen zweier hochgenauer optischer Uhren, die über Glasfaserkabel verbunden sind, die zugehörige Differenz des Schwerepotentials und damit der Höhe bestimmen. Auch die laser-interferometrische Abstandsmessung zwischen zwei Satelliten mit Nanometer-Genauigkeit, wie sie in der 2018 gestarteten Satellitenmission GRACE Follow-on erstmalig demonstriert wird, gehört zu diesen neuen Konzepten. Hier kommt Technologie für geodätische Messungen zum Einsatz, die im Rahmen der Gravitationswellen-Detektion entwickelt und auf der LISA/Pathfinder-Mission getestet wurde.

Neben den Messprinzipien werden wir präsentieren, in welchen Bereichen die Erdmessung von diesen neuartigen Entwicklungen profitiert und zeigen künftige Perspektiven auf. Beispiele sind etwa die direkte Bestimmung von physikalischen Höhen und die Vereinheitlichung von Höhensystemen. Wir werden auch die Stärken der neuen Methoden für die Erdbeobachtung illustrieren: Lokale und globale Massenvariationen können mit ungeahnter Genauigkeit und Auflösung beobachtet werden – für eine Vielzahl von geowissenschaftlichen Anwendungen, z.B. zur Erfassung der Grundwasserabnahme aufgrund des Klimawandels.

Jürgen Müller ist seit 2001 Professor für Physikalische Geodäsie am Institut für Erdmessung der Leibniz Universität Hannover und seit 2008 Ordentliches Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Erforschung und Nutzung neuartiger Konzepte für die gravimetrische Erdbeobachtung und deren Kombination mit klassischen Methoden sowie in der Analyse von Lasermessungen zum Mond zum Test der Einstein'schen Relativitätstheorie.

**Donnerstag, 27.02.2020, 18:30 Uhr**

*Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Ertmer*

Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, BWG-Mitglied

### **Die zweite Quantenrevolution, die Grundlage zukünftiger Quantentechnologie**

Im letzten Jahrhundert haben die Entwicklung der Quantenphysik, der Quantenmechanik und der Allgemeinen Relativitätstheorie die bis dato gültigen Vorstellungen zum Aufbau der Materie und des kosmischen Raum-Zeit-Gefüges, in dem wir leben, dramatisch verändert. Die atemberaubenden Konsequenzen reichten von den Naturwissenschaften über die Technik bis zur



Philosophie und betrafen so unsere gesamte Lebenswirklichkeit. Eine direkte Folge dieser Entwicklung war die „erste Quantenrevolution“ mit Schlüsselerfindungen wie der Halbleitertechnik, des Transistors, der Chiptechnologie oder auch der Lasertechnologie und in der Folge das heutige Kommunikationszeitalter.

In den letzten Jahren ist es gelungen, Materie und Licht sogar soweit zu kontrollieren, dass so subtile Quanteneigenschaften wie Superposition und Quantenverschränkung oder Quantensysteme wie Bose-Einstein-Kondensate eine „Zweite Quantenrevolution“ ermöglichen. Diese wissenschaftlichen Durchbrüche werden zukünftig auch das Spektrum innovativer quantentechnologischer Anwendungen deutlich erweitern.

Im letzten Jahrhundert haben die Entwicklung der Quantenphysik, der Quantenmechanik und der Allgemeinen Relativitätstheorie die bis dato gültigen Vorstellungen zum Aufbau der Materie und des kosmischen Raum-Zeit-Gefüges, in dem wir leben, dramatisch verändert. Die atemberaubenden Konsequenzen reichten von den Naturwissenschaften über die Technik bis zur Philosophie und betrafen so unsere gesamte Lebenswirklichkeit. Eine direkte Folge dieser Entwicklung war die „erste Quantenrevolution“ mit Schlüsselerfindungen wie der Halbleitertechnik, des Transistors, der Chiptechnologie oder auch der Lasertechnologie und in der Folge das heutige Kommunikationszeitalter.

**Donnerstag, 05.03.2020, 18:30 Uhr**

*Stefan Dreizler*

Institut für Astrophysik, Georg-August-Universität Göttingen

Stefan Dreizler ist seit 2003 Professor für Astrophysik an der Universität Göttingen und seit 2016 Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Seine fachlichen Schwerpunkte sind stellare und planetare Astrophysik.

### **Planeten außerhalb unseres Sonnensystems: die Suche nach „Planet B“**

Die Entdeckung des ersten Planeten außerhalb unseres Sonnensystems war ein Meilenstein in der modernen Astrophysik. Damit war die Jahrtausende alte Frage beantwortet, ob unser Sonnensystem einmalig ist. Diese bahnbrechende Entdeckung wurde daher 2019 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. Inzwischen kennen wir über 4000 solcher Exoplaneten.

Der Vortrag bietet einen Überblick über die technologisch sehr anspruchsvollen Methoden zur Suche und Charakterisierung der Planeten und Planetensysteme und fasst den Stand des sich sehr dynamisch entwickelnden Forschungsgebiets zusammen. Besonders spannend ist hierbei die Frage wie einmalig unsere Erde ist, ob es also einen „Planet B“ gibt.



## Webinar am Digitaltag der Stadt Braunschweig

### Die Synergie von natürlicher und künstlicher Intelligenz und deren Möglichkeiten und Grenzen

OTTO RICHTER

Am 19. Juni 2020 diskutierten Prof. Dr. Reinhold Haux und Prof. Dr.-Ing. habil. Sanaz Mostaghim auf dem deutschlandweit erstmals durchgeführten Digitaltag in einem Webinar folgende Fragestellungen: Was ist künstliche Intelligenz und was bedeutet sie für uns Menschen? Wie verändert sie Gesundheitsversorgung, Mobilität und Landwirtschaft? Wird in der Arztpraxis eine intelligente Maschine Symptome erfragen und Diagnosen erstellen? Wie verändern autonome Fahrzeuge den Straßenverkehr für Fußgänger und Radfahrer? Falls ja: Geht das überhaupt – technisch, ethisch, juristisch? Und die wichtigste Frage: Wollen wir dies eigentlich? Die beiden Vortragenden sind Mitglieder der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz. Sie führten in dem Webinar in die Arbeiten der Kommission ein und diskutierten Fragen des Zusammenwirkens von natürlicher und künstlicher Intelligenz mit den Teilnehmer/innen des Webinars.

Trägerin des Digitaltags 2020 war die Initiative „Digital für alle“, in der Organisationen aus den Bereichen Zivilgesellschaft, Kultur, Wissenschaft, Wirtschaft, Wohlfahrt und öffentliche Hand versammelt sind. Ziel war die Förderung der digitalen Teilhabe. Der Aktionstag sollte eine Plattform bieten, um verschiedenste Aspekte der Digitalisierung zu beleuchten, Chancen und Herausforderungen zu diskutieren und einen breiten gesellschaftlichen Dialog anzustoßen (vgl. [www.digitaltag.eu](http://www.digitaltag.eu)).

Über die Arbeit der BWG-Kommission Synergie und Intelligenz wird in dem Jahrbuch an anderer Stelle berichtet. Weitere Informationen zur Kommission Synergie und Intelligenz stehen auf den Webseiten der BWG unter: <http://bwg-nds.de/kommissionen/kommission-synergie/>.

## Webinar am Digitaltag der Stadt Braunschweig

**www.virtuelles-kupferstichkabinett.de:**

**Pieter Bruegels graphische Welten im Herzog Anton Ulrich-Museum – und online**

THOMAS DÖRING

Leiter des Kupferstichkabinetts, Herzog Anton Ulrich-Museum, Braunschweig

Das Virtuelle Kupferstichkabinett (<http://www.virtuelles-kupferstichkabinett.de>) ist eine seit 2007 im Internet frei nutzbare Forschungsdatenbank zur Graphik der Frühen Neuzeit mit inzwischen über 100.000 Bildern und Metadatensätzen. Es basiert auf den Beständen im Kupferstichkabinett des Herzog Anton Ulrich-Museums Braunschweig und in der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel. Die Online-Datenbank gehört zu den umfangreichsten und differenzier-testen digitalen Ressourcen auf diesem Gebiet und wird im Rahmen eines Forschungsverbunds beständig fortentwickelt.

Das Virtuelle Kupferstichkabinett wird als Instrument für kunsthistorische und transdisziplinäre Forschung weltweit genutzt. Die Breite der Rezeption hat ihre Ursache in der Funktion von Druckgraphik in der Frühen Neuzeit: Denn Druckgraphik bietet den umfassendsten, anschaulichsten und am weitesten verbreiteten Bilderspiegel der realen und geistigen Welt vom späten Mittelalter bis zur Aufklärung. Dies wird im Vortrag anlässlich der aktuellen Ausstellung des Herzog Anton Ulrich-Museums, „Brueghel. Ein Meisterwerk restauriert“ (07.11.2019 bis 11.10.2020), anhand der Graphik von und nach Pieter Bruegel d.Ä. (1525–1569) beispielhaft erläutert.



*Zu den Funktionen, die das „Virtuelle Kupferstichkabinett“ als transdisziplinär nutzbare Forschungsdatenbank qualifizieren, gehört die Vergleichsansicht. Frei wählbare Detailvergrößerungen aus Kupferstichen nach gezeichneten „Wimmelbildern“ von Pieter Bruegel d.Ä. machen anschaulich, wie genau und analytisch Bruegel die unterschiedlichen Bewegungsweisen von städtischen Bürgern (links, beim Eislauf vor dem Antwerpener St. Georgstor, Kupferstich von Frans Huys) und Landbewohnern (rechts, bei der Georgskirmes, Kupferstich von Jan und Lucas van Doetecum) bei ungezwungenen Vergnügungen beobachtete und darstellte.*

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden. Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.





**Wenn die Chemie stimmt:  
Akademisches Festkolloquium zum 85. Geburtstag  
von Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein**

NICOLE C. KARAFYLLIS

Seminar für Philosophie der TU Braunschweig, Bienroder Weg 80, D-38106 Braunschweig

E-Mail: [n.karafyllis@tu-braunschweig.de](mailto:n.karafyllis@tu-braunschweig.de)

Am 16. September 2020 wurde mit wissenschaftlichen Beiträgen zur Chemie dem 85. Geburtstag des Altpräsidenten Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein gedacht. Die Veranstaltung fand in pandemiebedingt kleiner Runde im BWG-Haus statt, eingeladen waren Mitglieder aller Klassen, die einen besonderen Bezug zum Jubilar und Thema haben, so auch die Chemikerin und Sprecherin der JBWG Dr. Janina Bahnemann von der LUH. Sie würdigte J. Klein als Mit-Initiator und Mentor der Nachwuchsorganisation der BWG und überreichte ihm dankend ein Gruppenbild mit den Post-Docs aus dem vergangenen Jahr, als man noch ohne Sicherheitsabstand beisammenstehen konnte und Jung und Alt ohne Sorgen um ihr Miteinander waren. Der Klassenvorsitzende der MNW-Klasse und Chemiker Prof. Dr. Dieter Kaufmann gab einen luziden Einblick in Kleins fachliche Verdienste und ließ zur großen Freude aller Anwesenden ein Exemplar der ausfindig gemachten Diplomarbeit Kleins zirkulieren. Fachvorträge zu aktuellen Forschungen im Bereich Chemie und ihrer Reflexion hielten Prof. Dr. Thomas Scheper, Prof. Dr. Dr. Claus-Artur Scheier und Professorin Dr. Nicole C. Karafyllis, die durch den Nachmittag führte.



**Laudatio anlässlich des Geburtstagskolloquiums  
zum 85. Geburtstag des Altpräsidenten der BWG  
Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein am 16.09.2020 in Braunschweig**

**Wenn die Chemie stimmt**

DIETER E. KAUFMANN

Institut für Organische Chemie der TU Clausthal, Leibnizstr. 6, 386787 Clausthal-Zellerfeld  
E-Mail: dieter.kaufmann@tu-clausthal.de

Sehr verehrte Damen und Herren,

unter dem mehrdeutigen Titel „Wenn die Chemie stimmt“ hat unser kommissarischer Präsident Klaus P. G. Gahl heute zu einem Geburtstagskolloquium für unseren Altpräsidenten Joachim Klein in die BWG eingeladen, dabei allerdings auch, um beispielhaft zur Keimbildung neuer transdisziplinärer Schwerpunkte in den einzelnen Fächer unserer Klassen beizutragen.

Gern habe ich mich als Vorsitzender der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse bereit erklärt, mit der Chemie den Anfang zu machen; das Gesamtgebiet der Chemie mag sich dabei durchaus als fachübergreifender Vernetzer verstehen. Ihre molekularen Grundlagen können dabei als entscheidende Basis sehr unterschiedlicher Bereiche, wie der Biotechnologie oder der Energiewandlung und Speicherung gesehen und genutzt werden.

Mit Joachim Klein haben wir einen frühen Vertreter dieser Schule eines breit vernetzten methodischen Denkens und Arbeitens in unseren Reihen.

Lieber Joachim Klein,

etwas nachträglich möchten wir Dir jetzt auch noch einmal im Namen der BWG sehr herzlich zu Deinem 85. Geburtstag gratulieren und uns gleichzeitig bedanken für Deine langjährige, vorbildliche, gut strukturierte, gleichzeitig menschliche Führung wie für viele wichtige Initiativen als BWG Präsident über einen Zeitraum von 14 Jahre. Um Dir sowohl eine Freude zu bereiten als auch für lange Jahre der Orientierung zu danken, haben wir Dich jetzt mit einem kurzen Geburtstagskolloquium überrascht.

Ich wurde als Klassenvorsitzender gebeten, diesen schönen Anlass zu nutzen, um einleitend Dein wissenschaftliches Werk vor Deiner Leitungsperiode in der BWG in einer kurzen Laudatio wieder in unser Gedächtnis zu rufen; dabei haben mich Kollegen wie Henning Menzel mit Erinnerungen und Unterlagen gern unterstützt.

1935 in Berlin als Sohn eines Ingenieurs geboren, zog Joachim Klein als Fünfzehnjähriger mit seiner Familie nach Braunschweig, wo er 1961 an der TH das Diplom der Chemie erhielt mit einer bereits an der PTB durchgeführten, physikalisch-chemisch orientierten Arbeit über „Elektronenbeugungsuntersuchungen an Kollodiumfilmen und dünnen SiO-Aufdampfschichten“, seinem wissenschaftlichen Erstlingswerk. Begegnungen mit dem Organischen Chemiker Hans Herloff Inhoffen in Braunschweig und später mit dem Technischen und Polymerchemiker Franz Patat beeinflussten ihn stark. Entsprechend wechselte er zur Promotion (1965) an die TH München. Spätestens von diesem Zeitpunkt an war sein wissenschaftliches Interesse stark an große Moleküle und damit Fragen der Makromolekularen Chemie, die in diesem Jahr auf eine



100-jährige Tradition zurückblickt, an Technische Universitäten wie Großforschungseinrichtungen gekoppelt. Nach der Promotion über „Experimentelle Untersuchungen zur Phasentrennung im ternären System Polymer/Lösungsmittel/Fällungsmittel“ habilitierte er sich bereits im Alter von 33 Jahren in München und ging als Dozent der Technischen Chemie 2 Jahre nach Nordamerika, an das Carnegie-Mellon-Institut in Pittsburgh (USA) und die Universität Waterloo (Kanada). Ein Jahr als Forschungschemiker in der deutschen chemischen Industrie (Hoechst AG) schloss sich an, möglicherweise seine letzte intensive wissenschaftliche Erfahrung mit kleinen Molekülen. Sein frühes Interesse an nachhaltiger Chemie zeigte sich dort bereits bei dem Versuch, das in Clausthal von Hock entwickelte Cumolhydroperoxid-Verfahren auf die Synthese technisch wichtiger Bisphenole wie Resorcin zu übertragen.

Bereits im folgenden Jahr (1972) erhielt er als Nachfolger von Hans Kroepelin den Ruf als Professor und Direktor des schon 1863 gegründeten Instituts für Technische Chemie an der TU Braunschweig. Es folgten dynamische, erfolgreiche Jahre, später auch als wissenschaftlicher Leiter der Braunschweiger Großforschungseinrichtung GBF (heute HZI) und ab 1990 der Münchener GSF (heute ebenfalls Helmholtz). Nach seiner Rückkehr an die Technische Universität Braunschweig übernahm er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 2000 den Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie.

Das wissenschaftliche Haupttätigkeitsfeld der von J. Klein ab 1972 initiierten Forschung ist durch den Begriff „Technische Chemie makromolekularer Stoffe“ gekennzeichnet. Zentrales Anliegen war das Erkennen der Zusammenhänge zwischen der Synthese, der Struktur und den Eigenschaften eines technischen Polymersystems mit Blick auf ein spezielles Anwendungsprofil. Häufig ist er als wissenschaftlicher Pionier angetreten. Fragen der Polymersynthesen wie der begleitenden, vielfältigen physikalischen Strukturanalytik standen naturgemäß anfanglich bevorzugt im Mittelpunkt seiner Interessen. Als wichtiges synthetisches Beispiel wurde die kationische Polymerisation umweltgerecht gestaltet durch Entwicklung neuartiger temperaturfester, auch fluorierter Ionenaustauscherharze, erste Beispiele polymer gebundener, auch technisch nutzbarer Reagenzien und Katalysatoren. Um die Potentiale der Polymerchemie zur Entwicklung von Immobilisierungsverfahren für ganze Zellen zu nutzen, wurde die Zusammenarbeit mit der Biochemie und der Biotechnologie gesucht. Hierfür konnten ionotrope Alginat- und Chitosan-gele, sowie Epoxid- und Polyurethanharze eingesetzt werden. Die Polymerfixierung von Mikroorganismen führte zu neuartigen Biokatalysatoren. Experimentelle Methoden zur Beurteilung ihrer technologischen Verwendbarkeit wurden entwickelt. In wesentlichen Etappen dieses Forschungsgebietes war das Institut weltweit führend; einige Verfahren fanden später ihren Weg in die industrielle Anwendung.

Bedingt durch die Ölkrise ab 1973 wurden weltweit die Bemühungen verstärkt, durch Einsatz neuer Technologien wie das „Polymerfluten“ den Ausbeutungsgrad der Erdöllagerstätten durch tertiäre Förderung über den primären und sekundären Durchschnittswert von meist 50 - 60% hinaus zu steigern. In methodischer Breite wurden die Grundlagen zur quantitativen Beschreibung des Lösungs- und Fließverhaltens von Polymeren gelegt, Modellsysteme synthetisiert, ihr Adsorptionsverhalten am Gestein und ihr Fließverhalten in porösen Matrices untersucht. Über viele Jahre erfolgten diese Arbeiten in einer beispielhaften Verbundforschung von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Instituten mit namhaften Firmen der Erdölindustrie und verkörperten damit sehr schön die erfolgreiche Denk- und Arbeitsweise von J. Klein, dessen Ergebnisse schon seit langer Zeit wissenschaftlichen Bestand haben, dabei aber aktuell bleiben. In seinen letzten Jahren als Institutsleiter gewannen die Nutzung nachwachsender Rohstoffe wie die Entwicklung biokompatibler Polymere für die Medizin zunehmend an Bedeutung.



Lieber Joachim, die BWG ist dankbar, Dich weiterhin als sehr aktiven, wissenschaftlich und politisch erfahrenen wie menschlich zugewandten Berater, Freund und Aktivator in unseren Reihen zu wissen. Ad multos annos!

... und Ihnen danke ich für Ihre Aufmerksamkeit!





## Wenn die Chemie stimmt: Eine philosophische Sentenzanalyse

Für Joachim Klein zum 85. Geburtstag

NICOLE C. KARAFYLLIS

Seminar für Philosophie der TU Braunschweig, Bienroder Weg 80, D-38106 Braunschweig

E-Mail: n.karafyllis@tu-braunschweig.de

### 0. Vorbemerkungen

„Wenn die Chemie stimmt“ meint landläufig, dass etwas harmonisch zusammenpasst wie die Vielstimmigkeit eines Orchesters. Die Harmonie ruht dabei auf der Sympathie zwischen mindestens zwei Menschen, sie kann ganze ‚Teams‘ erfassen. Anders als bei der mechanisch-funktionalen Passung überwiegt hier der dynamisch-spielerische Eindruck. So erzählt auch die jüngere Musikgeschichte gern von den seltenen Momenten, in denen eine Rock-Band endlich den richtigen Musiker fand, um dann zum Erfolg zu gelangen: weil die Chemie stimmte.<sup>1</sup> Die Erfolgsgeschichte gilt auch, wenn es sich um eine explosive Mischung von Individualisten handelte, die durch stabile Randbedingungen und das freie Spiel der Kräfte eben nie hochging. In die Gründungszeit der Beatmusik, die 1960er Jahre, datiert der Frankfurter Bibliothekar und Philosoph Günther Pflug (1923–2008) auch die deutsche Redensart, die wohl zuerst in der Studentenbewegung auftrat (vgl. Pflug o.J.). Natürlich hat die angenommene Stimmigkeit der Chemie auch ihre Finger mit im Spiel bei der Benennung des für die Musik der 1960/70er Jahre prägendsten Instruments: des Synthesizers.

Wir halten fest: Die Stimmigkeit hat vorgängige Bedingungen, eine schwebend-prozessuale Mitte (in der Technisierungen stattfinden können) und ein nachgängiges Resultat, deren Beziehung nur bildlich-metaphorisch, nicht eigentlich wörtlich zu fassen ist. Man versteht sich ohne Worte bzw. es bedarf nicht vieler Worte, um Übereinstimmung herzustellen.

Dass ein akademisches Symposium zu Joachim Kleins 85. Geburtstag den Titel „Wenn die Chemie stimmt“ trägt, ist in diesem Sinne selbstverständlich. Kleins akademische Meriten sind viel gewürdigt, seine Verdienste als langjähriger Präsident der BWG in dankbarer Erinnerung, seine verlässliche Freundschaft und Kollegialität in lebendiger Gegenwart. Die Chemie stimmt und das heißt zuvorderst: jemand oder etwas macht den Wandel *mit*. Das Wörtchen „mit“ ist allerdings voll philosophischer Sprengkraft, um im Metaphernfeld der Chemie zu bleiben. Es funktioniert wie ein Katalysator, der zum Einsatz kommt, jedoch nicht verbraucht wird. „Mit“ kann ein instrumentelles Mittel bedeuten, aber auch ein Medium mit eigener Kraft des Erzeugens, ferner eine Nebenbedingung oder Randerscheinung. Einen Wandel mitmachen kann *actio* oder *reactio* sein, Gestaltung oder Aushalten des Wandels, idealerweise beides.

In diesem Sinne machte die Chemie historisch den Wandel mit, den die Frühe Neuzeit der Naturforschung auf den Weg gab: nicht mehr vier Ursachen des Erzeugens zu postulieren wie bei

<sup>1</sup> Paradigmatisch zeigt dies die zahlreich reproduzierte Geschichte der Rockband QUEEN (gegründet im April 1970): Roger Taylor und Brian May (Begründer Vorgängerband SMILE) hatten zuerst ihren Leadsänger durch Freddie Mercury ersetzt. Die drei suchten dann einen neuen Bassisten, den sie 1971 in John Deacon fanden, nachdem sie vorher mit mindestens sechs Auswahlkandidaten geprobt hatten, bei denen entweder die musikalische Leistung nicht überzeugte oder „die Chemie nicht stimmte“. Diese Viererformation bestand zwei Jahrzehnte und endete durch den frühen Tod von Mercury. Die Band hatte 2020 ihr 50-jähriges Jubiläum, konnte aber die Konzerttournee wegen Corona nicht antreten. Stattdessen komponierte Schlagzeuger Roger Taylor das Lied „Isolation“ zum Lockdown in Großbritannien.



Aristoteles (Material-, Form-, Wirk- und Zweckursache), sondern nur noch eine *causa*, die der Form, die bald zur übergreifenden Kausalität auf physikalistischer Gesetzesgrundlage avancierte. In der Chemie steht für diesen Schritt der Name Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Als konzeptueller Gewährsmann steht deutlich früher der englische Philosoph Francis Bacon (1561-1626) und sein *Neues Organon*, als empirischer der Physiker Galilei (1564-1642). Er fragte nicht mehr nach dem Grund, dem Warum einer Naturscheinung oder Sache, sondern nach dem funktionalen Wie – z.B. wie ein Gegenstand zu Boden fällt. Der eidetische Formbegriff Platons, der mit der Idee erlaubte nach dem Grund zu fragen, wurde durch experimentelle und instrumentelle Maßgaben abgelöst von der Frage nach den „Zweitsachen“, die funktional auf ein Bewirken hin gestellt wird und deshalb keine „Ur-Sache“ mehr erfassen kann. In den Worten des Technikphilosophen Hans Sachsse (1906-1992), der in Chemie promoviert, habilitiert und über 25 Jahre in der Chemischen Industrie gearbeitet hat:<sup>2</sup> „Das heißt aber, daß der Begriff der Ursache seine Bedeutung für die neuzeitliche Naturwissenschaft weitgehend eingeblüßt hat“ (Sachsse 1987, 67). Mit jenem physikalistischen Weltbild, das die Naturwissenschaften in den Dienst der Technik als dem eigentlich Zweit- bzw. Nebenursächlichen stellt, geht eine Medienvergessenheit einher, die ganz besonders die scheinbar selbstverständlichen Medien Luft und Wasser und damit die Chemie betrifft. Denn das Bewirken des Wandels, die Dynamik oder Kraft, die am Werk ist (die frühere *causa efficiens*), braucht ein Medium, in und mit dem sie wirken und erzeugen kann. Und dieses stellt als Stoff die Chemie bereit, ohne schon durch die Bereitstellungsleistung charakterisiert werden zu können.

Statt also, wie es dem Chemiker Klein geziemen würde, eine molekulare Sequenzanalyse seines Lebens vorzunehmen, geht es hier um eine Sentenzanalyse, d.h. um die philosophische Reflexion der Redensart „die Chemie stimmt“. Denn trotz ihrer Eingängigkeit ist sie alles andere als unproblematisch, wie ich anhand dreier Bereiche skizzieren möchte: (1.) anhand der Wissenschaftsgeschichte der Chemie und ihrer gängigen Einteilungen, (2.) anhand der philosophischen Konzeption des Gegenstandsbereichs der Chemie und (3.) anhand ihrer sinnbildlich-gesellschaftlichen Implikationen.

## 1. Zur Wissenschaftsgeschichte der Chemie und ihrer Einteilungen

Bei der Analyse soll auch der unter Naturwissenschaftlern gängige, anzügliche Witz erkenntnisleitend sein: „Wenn die Chemie stimmt, kann man eigentlich mit der Biologie weitermachen“. Bereits hier deutet sich an, dass die chemischen Vorgänge in ihrer Stimmigkeit notwendig für das Leben sind, dass aber die Chemie als Fach nicht ohne Weiteres als Naturwissenschaft mit eindeutiger Daseinsberechtigung firmiert.

Dies gilt umso mehr für das Fachgebiet, das Joachim Klein vertritt, die Technische Chemie. Sie verortet ihren Beginn im 17. Jh. (Glaubersalz) oder 18. Jh. (Bleikammerverfahren zur Schwefelsäureherstellung), brilliert als Disziplin jedoch erst im 19. Jahrhundert mit seinen großtechnischen, industriellen Anwendungen. Folgt man dem *Handbuch der technischen Chemie* von Johan Friedrich Gmelin (2. Aufl. 1795, Bd. 1, §2), so begründete sich die damals neue Disziplin dadurch, dass man die althergebrachten „chemischen Kunstgriffe“ nun wissenschaftlich durchdrang, was auch die Methoden der jungen Wissenschaft Ökonomie einschloss (vgl. Suckow 1784). Prozesse und Verfahren stehen dabei im Mittelpunkt, aufgehoben in einem für das 18. Jh. typischen, haushalterischen Verständnis von Natur und Wissenschaft (Kameralistik). Damit einher ging ein neues, staatlich angeleitetes und produktionsorientiertes System der Wis-

<sup>2</sup> Sachsse wurde 1929 in Berlin promoviert und wechselte dann nach Göttingen zum Physikochemiker Arnold Eucken (1884-1950), Sohn des Philosophen Rudolf Eucken, wo er sich 1935 habilitierte.



senschaften, das sich im damals schon einschlägigen Begriffspaar reine/angewandte Wissenschaft spiegelt (vgl. Kants *Kritik der reinen Vernunft*). Für die reinen und die angewandten Wissenschaften, die vormaligen Künste, wurde ein gemeinsames Dach gesucht. Die Technische Chemie nahm darin einen vergleichbaren Anfang wie die Ingenieurwissenschaft als Allgemeine Technologie unter Johan Beckmann (1777), weshalb die Grenze zwischen Technischer Chemie und Chemieingenieurwesen bis heute fragil ist; wie übrigens auch die zur Nachhaltigkeit, die sich als Konzept zwischen Forstwissenschaft und Bergbau dem gleichen systemischen Zugriff auf Wissen verdankte (Karafyllis 2002). Mit dem Primat der Chemie statt der Technik hat die Technische Chemie die Prozesskunde als Grundlagenforschung zum Thema, sie denkt diese Grundlagen aber im großen Maßstab. Will man spaßeshalber die Redensart „Die Chemie stimmt“ im semantischen Feld der Technischen Chemie weiterführen, so stimmt die Chemie dann, wenn man sowohl das notwendige Salz in der Suppe herstellen kann als auch die Suppe selbst auslöffeln, und zwar mindestens aus einem Eimer. Dass jeder sein eigenes Süsspchen kocht, ist nicht vorgesehen.

Stets impliziert die Chemie das Weitermachen. Als Naturwissenschaft steht sie in der Mitte zwischen Physik und Biologie und damit unter Druck, für die erste nur Anwendung (vgl. Bunge 1982), für die zweite nur Hilfswissenschaft zu sein. Durch die naturwissenschaftlich-technischen Fortschritte im späten 20. Jahrhundert hin zu einerseits Quantenchemie, andererseits Biochemie und Molekulargenetik hat sich die Situation noch verschärft. Jene prekäre Mittelstellung spiegelt sich auch in der Wissenschaftsphilosophie, die traditionellerweise als Philosophie der Physik betrieben wird und mit Raum, Zeit, Materie und Energie die großen Fragen nach „der Welt“ stellt, und die in den letzten gut 100 Jahren um einige Kolleg\*innen aus der Philosophie der Biologie mit Fragen zum Problem des Lebens ergänzt wurde. Eine Philosophie der Chemie muss sich auch konzeptuell in der Mitte positionieren, d.h. zwischen der Frage nach den kleinsten Teilchen (Atomismus) und der Frage nach den Zwecken des Lebens (Teleologie). Dafür braucht es ein besonderes Bewusstsein für Grundlagen der Theorie- und Begriffsbildung, etwa zu Konzepten wie Substanz, Stoff, Element, Prozess und Wandel. Dass auch die anthroposophische Chemie dort ansetzte, um die Chemie an makroskopische Phänomene und ihren Wandel rückzubinden (vgl. Karafyllis 2020), ist verständlich und keinesfalls obsolet. Man spricht bei derartigen Bemühungen allgemein gerne von der Sinnlichkeit der Chemie, die es wieder zu betonen gälte, sei es aus experimentellen oder didaktischen Gründen. Weil also die Sinnlichkeit der Chemie, bezogen auf den Sehsinn, zunehmend verloren gegangen ist, bedeutet der metaphorische Einbezug des Hörsinns – die Stimmigkeit – einen Rückgewinn des sinnlichen Momentums.

Dabei lässt sich nur schwerlich an die Technische Chemie denken, abgesehen vom Geruchssinn. Zuviel ist in Fermentern verborgen und durch Apparaturen vom Zugriff der Hand getrennt. Dort wird aber, neben zahlreichen chemischen Prozessen, auch ein philosophischer Prozess – die Verbindung von Kausalität und Finalität, d.h. die Teleologie der Natur – gesteuert und geregelt. Die Technische Chemie kann die Teleologiefrage in den Bereich der Technik verschieben: die letzten Zwecke des Erzeugungsprozesses sind solche der technischen Anwendung und Produktion. Weil auch die Biologie diese Entwicklung hin zur Biotechnologie mitmacht, rücken in den letzten Jahrzehnten Technische Chemie und Biotechnologie eng aneinander, flankiert von der Mikrobiologie. Ihr gemeinsames Dach ist die Verfahrens- und Prozesstechnik, die die Produktion in großen Fermentern o.ä. zu steuern und zu regeln erlaubt. Worin der Wandel von Prozessen gründet, interessiert wenig im Vergleich zu seiner Kinetik, Effizienz und Stabilität.

Die strenge Aufteilung der Naturwissenschaften in Physik, Chemie und Biologie (man vgl. z.B. die vorgängige Physiologie unter Einschluss der Medizin) fällt in das 19. Jh. Sie wird begleitet





vom Aufstieg der Technikwissenschaften und befördert durch den Niedergang der Naturphilosophie, die es etwa dem Begründer der modernen Atomtheorie John Dalton noch erlaubte, sein Furore machendes Werk *A New System of Chemical Philosophy* (Bd. I, Teil 1, 1808) zu nennen.<sup>3</sup> Die Naturphilosophie als einheitsstiftende Grundlage der Naturwissenschaften zersplitterte um 1900 in die Philosophien der Einzeldisziplinen Physik, Chemie und Biologie (vgl. Gerhard et al. 2020; Köchy 2020). Große wissenschaftstheoretische Probleme werden dennoch gerne bevorzugt am Beispiel der Chemie durchdekliniert: das Problem der Supervenienz, das Reduktionismusproblem, Fragen des Realismus und Anti-Realismus. Das heißt, bei genauerem Hinsehen hat die Philosophie der Chemie eine generalisierende Funktion für Problemstellungen im Bereich Wandel, Integration und Entwicklung. Übergeordnet steht die Frage, ob die Welt von einem Physikalismus (auf Basis von Teilchen) durchzogen ist, der alles erklären kann und mit dem alles erklärt werden kann. Zwar gibt es mittlerweile Habilitationen zur Philosophie der Chemie,<sup>4</sup> aber zumindest in Deutschland keinen Lehrstuhlinhaber, der diese Denomination vertreten würde. Die unzureichende Situation zeigt sich auch an den wissenschaftlichen Zeitschriften bzw. *Journals*: die für die Philosophie der Chemie einschlägige Zeitschrift *HYLE* wurde erst 1995 gegründet (Hg. von Joachim Schummer), erfreut sich aber großer Nachfrage. Einen guten historischen Überblick über die Entwicklung der Philosophie der Chemie bietet Jaap van Brakel (2000, 1-40).

## 2. Der Gegenstandsbereich der Chemie als philosophisches Problem

Mit diesem Zeitschriftentitel sind wir im doppelten Sinne im Ursprungsproblem, denn *hyle* ist der von Aristoteles verwendete Ausdruck für Stoff, lateinisch: *materia*. Schon beim griechischen Begründer der Wissenschaftssystematik finden wir den Umstand, dass er für die Chemie namentlich kein eigenes Buch vorlegt – anders als etwa für die Biologie die Bücher *De generatione animalium* und *Historia animalium*, und für die Physik natürlich die *Physik* und zualterererst die *Metaphysik*. Nach der aristotelischen Chemie suchen bedeutet deshalb, jenseits der heutigen Katalogisierungen zu denken und die Frage zu stellen, was die Chemie wesentlich ausmacht: es sind dies Werden und Vergehen. So lautet auch der Titel des aristotelischen Buchs zur Chemie, lateinisch: *De generatione et corruptione*, das 2011 in neuer Übersetzung von Thomas Buchheim erschien (Aristoteles 2011). Die aristotelische Chemie ist zutiefst verbunden mit der *Physik* und der Schrift *Über den Himmel*, nicht zuletzt aufgrund des von Aristoteles angenommenen fünften Elements, des Äthers. Die sog. vier Elemente, nicht aber der Äther, können ineinander übergehen (De caelo III, 7; De gen. et corr. II, 6).<sup>5</sup>

Charakteristisch für die Chemie ist die theoretische Annahme, dass es Grundstoffe gibt, die etwas anderes als „die Materie“ oder die Elemente sind; und dass diese Stoffe dem beständigen kosmischen und phänomenalen Wandel unterliegen. Zur antiken Chemie gehören deshalb notwendig die Wetterkunde und der Bergbau. Himmel und Erde werden durch die Chemie gleichsam dynamisch zusammengehalten. Prinzipiell gilt dies bis heute, nun auf geochemisch-planetarer Grundlage.

<sup>3</sup> Die damaligen Umbrüche hat die Wissenschaftshistorikerin Mary Jo Nye (1994) eindrücklich beschrieben.

<sup>4</sup> Vgl. z.B. die Marburger Habilitation von Nikos Psarros (1999) sowie die Habilitation von Joachim Schummer an der Universität Karlsruhe 2002.

<sup>5</sup> Das III. Buch von *De caelo* steht in ursächlichem Zusammenhang mit Buch B von *De generatione et corruptione* (Jori in Aristoteles 2009, 125).





Naturphilosophisch zeigt schon die aristotelische Chemie auf, dass es zwar Sein und Werden und auch Seiendes gibt, aber kein schlechthin Werdendes.<sup>6</sup> Die Chemie hat es deshalb nicht mit ersten oder letzten Teilchen zu tun, also nicht mit dem Unteilbaren (*atomos*), sondern mit der Mischung (*mixis*) und dem Wandel (*metabole*). Ihre Aufgabe ist es, Beständigkeit in der Stoff(um)wandlung auszumachen. So ergibt sich der folgende Widerspruch: Die Chemie stimmt nur dann, wenn sie *nicht* stimmt. Philosophisch handelt es sich um eine Amphibolie, d.h. um einen Doppelsinn, der durch den Gebrauch mehrdeutiger Wörter entsteht.

Denn „die Chemie“ meint sowohl den theoretischen Anspruch, Naturwissenschaft mit Gesetzescharakter zu sein, als auch die experimentelle oder technische Praxis. Hinzu kommt die Mehrdeutigkeit des Ausdrucks „stimmt“. So kann man den Satz „Die Chemie stimmt“ als Bezeichnung einer rechnerischen Korrektheit lesen, analog zu „Die Kasse stimmt“. Bedingung dafür ist die zahlenmäßige Überprüfung, wie sie die Stöchiometrie vorgibt. Die Reaktionsgleichung von Edukten und Produkten muss numerisch ‚aufgehen‘, sonst stimmt die Chemie nicht. Nur so ist auch an die moderne Syntheseleistung der Chemie zu denken. Aber diese Stimmigkeit ist einem experimentellen Setting geschuldet, das überhaupt von „Produkten“, die als solche labortechnisch Bestand haben, sprechen *kann*. In der Naturbetrachtung – und um diese geht es bei Aristoteles grundsätzlich – ist hingegen die Dynamik der Stoffe erkenntnisleitend. So wettet auch Hegel gegen die „Metaphysik“, die in der Chemie und Physik herrsche in Form der „wüsten Vorstellungen von Unveränderlichkeit der Stoffe unter allen Umständen, wie den Kategorien von der *Zusammensetzung* und dem *Bestehen* der Körper aus solchen Stoffen“ (Hegel 1830/1974, §334, 328).<sup>7</sup>

Bis heute ist die Frage, welcher Art die Grundstoffe oder „natural kinds“ (vgl. Scerri 2020) der Chemie sind, eine der Hauptfragen der Philosophie der Chemie. Umgekehrt wird die generelle Frage, was „natural kinds“ im philosophischen Sinne bedeuten – z.B. Spezies einerseits, Familienähnlichkeiten andererseits –, bevorzugt am Beispiel der Chemie verhandelt.

„Putative examples of kinds may be found in all scientific disciplines. Chemistry provides what are taken by many to be the paradigm examples of kinds, the chemical elements, while chemical compounds, such as H<sub>2</sub>O, are also natural kinds of stuff. (Instances of a natural kind may be man-made, such as artificially synthesized ascorbic acid, i.e., vitamin C; but whether chemical kinds all of whose instances are artificial are natural kinds is open to debate. The synthetic transuranium elements, e.g. Rutherfordium, seem good candidates for natural kinds, whereas artificial chemical kinds, such as the entirely synthetic compound bismuth germanate, Bi<sub>4</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, which is used in particle detectors, are, arguably, less obviously natural kinds.) The standard model in quantum physics reveals many kinds of fundamental particles (electron, tau neutrino, charm quark), plus broader categories such as kinds of kind (lepton, quark) and higher kinds (fermion, boson). Astronomy classifies the heavenly bodies: galaxies, for example, can be either elliptical, lenticular, or spiral.“ (Bird/Tobin 2018)

Im praktischen Umgang mit den Stoffen ist statt der kleinteiligen Quantifizierung und Gegenrechnung ein großzügiges Aufrunden verbunden, eine Angemessenheit, ein „Stimmt so!“ Und

<sup>6</sup> „Denn soweit etwas schlechthin wird oder vergeht, bleibt es nicht bestehen, dagegen im Sich-Verändern und im Wachsen oder Schwinden bleibt das Wachsende oder Sich-Verändernde als dasselbe bestehen“ (Aristoteles 2011, De gen. et corr. I.5 321a 22–25, Übers. Th. Buchheim).

<sup>7</sup> Hegel unterscheidet entsprechend „Grundstoffe“ von „Elementen“ als scheinbaren „Grundsubstanzen“ (vgl. zu dieser philosophischen Debatte jüngst Scerri 2020). Eigentlich ist für Hegel ein chemisches Element aber ein „vollkommen abstraktes Moment“, das vom An-Sich zum Für-Sich gebracht wird (ebd.). Dabei ist der chemische Prozess in seiner „vollständigen Totalität zu nehmen“. Zum chemischen Prozess vgl. in Hegels *Enzyklopädie* (1830) auch §326.



so verfährt die Chemie bis heute auch in ihrer Laborpraxis, wenn sie üblicherweise einen Reaktanten im Überschuss einsetzt, um chemische Gleichgewichte zu modellieren.

Die vier sog. Elemente Erde, Feuer, Wasser und Luft (vgl. Böhme/Böhme 2004) sind nach Aristoteles *stoicheia*, was man besser mit „Grundstoffe“ übersetzt.<sup>8</sup> Durchaus vergleichbar mit der frühen Stöchiometrie sind damit keine atomaren Entitäten bezeichnet, die gar nach der Ordnungszahl in ein Periodensystem geordnet werden könnten, sondern Proportionen, d.h. Maßverhältnisse. Sie tragen das Potenzial ihrer Differenzierung bzw. ihrer Scheidung in sich, wie man im 18. Jh. sagte und die Chemiker als „Scheidekünstler“ bezeichnete. Über das rechte Maß ergibt sich auch eine Verbindung zur Harmonie und Stimmigkeit. Der Begriff *stoicheion* bedeutet bei Aristoteles dasjenige, *woraus* etwas besteht, die Bestandteile. Gleichzeitig meint es aber auch dasjenige, *wodurch* etwas entsteht. Bestehen und Entstehen sind hier zusammengedacht.<sup>9</sup>

Zentral für das aristotelische Verständnis ist, dass die *stoicheia* in variablen Mischungen vorliegen und leblos sind. Aristoteles hätte wohl gesagt: Wo die Biologie endet, fängt die Chemie erst an, denn er denkt das Werden vom Vergehen aus. Hegel betont entsprechend, dass der chemische Prozess „ein Analogon des Lebens“ ist, er zeigt die „innere Regsamkeit des Lebens“, kann sich aber nicht „durch sich selbst fortsetzen“ (Hegel 1830/1974, §326, Zusatz, 292).

Wohl kann der chemische Prozess durch die Technik fortgesetzt werden, woran eingedenk des Jubilars hingewiesen sei mit Bezug auf die Ordnungszahl 85. Sie gehört zum 1940 künstlich erzeugten, radioaktiven Element Astat, von griechisch *astatos*: unbeständig. Dass es ein Halogen unterhalb des Jod geben würde, konnte aufgrund von Mendeleejews Periodensystem prognostiziert werden, ein Ordnungssystem, das an sich den Eindruck der Beständigkeit von Natur erzeugt. Mit ihrer Ordnungsbemühung hat die Chemie die gleiche Problematik wie jede Sammlung bzw. sie zeigt das Enzyklopädie-Problem: A) Wenn alle Lücken geschlossen sind, ist das System vollständig, aber auch statisch. Es lässt keine weitere Entwicklung zu. B) Wenn Entwicklung zugelassen wird (hier: durch künstliche Erzeugung bzw. Synthese), müssen die Ordnungsvorgaben in Form der Kategorien ständig nachgebessert werden. Das Ordnungssystem kann also weniger ‚dogmatisch‘ Grundannahmen für die Forschung bereitstellen.

Das Wort *stoicheia* findet sich bei Aristoteles zudem für die Silben von Sprachlauten (Met. V 3 1014a 27) oder die Bestandteile der Silben selbst (Phys. II 3 196a 16, Met. VII 10, 1034b 26), die erst in der Sprache als Sprechakt entstehen. Es ist daher kein Zufall, dass der Chemiker John Dalton neben seiner Atomtheorie auch ein Werk zur Grammatik der englischen Sprache vorgelegt hat (Dalton 1801). Hier spricht ein chemischer Lexikologe, der mit einer präzis bezeichnenden, endlichen Menge von Wörtern eine „infinite variety of thoughts“ (ebd.) erreichen will.<sup>10</sup> Wörter sind ihm Elemente der Sprache und repräsentieren „elements of thought“. „The great art of Language consists in representing a *number* of single ideas, nearly resembling each other, by *one* term. [...] And *general numerical* terms contribute to the brevity of speech.“ (Dalton 1801, 4)

<sup>8</sup> Für Aristoteles' Verständnis der *stoicheia* sind am wichtigsten Empedokles und seine Lehre von den *rhizomata* (Elemente als zeugende „Wurzeln“).

<sup>9</sup> Vgl. den Ausdruck *spermata* für die zeugenden Grundstoffe bei Anaxagoras.

<sup>10</sup> Bereits in seinen einführenden „Preliminary Observations“ (Dalton 1801, i) votiert Dalton dafür, dass die unbestimmten Artikel „a“ und „the“ in Analogie zu sowohl den Demonstrativpronomina „this“ und „that“ sowie zu den Quantoren „one“, „two“, „three“ gesehen werden müssten. All jene „Definitives“ bezeichneten Qualitäten von Körpern und seien deshalb Adjektive. Dalton vollzieht hier eine logische Abkehr von der lateinischen Grammatik und bringt eine linguistische Problemlage in die Anschauung, die heute unter „Determinativ“ firmiert. Zum Daltonschen Vorschlag, Präposition und Konjunktion klassifikatorisch zu vereinen vgl. Michael 1970, 446.



### 3. Die sinnbildlich-gesellschaftliche Ebene der Chemie

Eingedenk Daltons Mahnung zur Kürze der Rede will ich zum dritten Teil, den sinnbildlich-gesellschaftlichen Implikationen der Redeweise „Die Chemie stimmt“, nur wenige Worte verlieren. Denn zur hier relevanten Metaphernübertragung aus der Chemie in Goethes *Wahlverwandtschaften* (1809) ist viel geschrieben worden (vgl. zur Naturphilosophie z.B. Walzel 1906, 195-201); dass sich der Dichter dabei auf den Chemiker Torbern Olof Bergman (1735-1784) und sein chemisches Konzept der *attractio electiva* bezog, ist bekannt.<sup>11</sup> In Goethes Werk dient der Erdmagnetismus als übergeordnetes physikochemisches Phänomen, das auch eine okkulte „Nachtseite“ der Natur(wissenschaft) zeigt. Friedrich Ernst Daniel Schleiermacher (1768-1834) soll in seinem *Versuch einer Theorie des geselligen Betragens*, verfasst um 1799, der erste gewesen sein, der das Denken der *attractio* auf soziale Phänomene bezog, und damit noch vor Goethe (zur Interpretation s. Arndt 2013, 51-63). Wichtig ist, dass die Chemie als Gesellschafts-metapher sowohl naturalistisch als Szientismus sich anziehender bzw. abstoßender Individuen wie auch als liberales Gegengewicht gegen eine Pflichtenethik Kants interpretiert werden kann, d.h. gegen ein oberstes Sittengesetz. Vielmehr sollen Freiheit und Notwendigkeit, Neigung und Pflicht, in der schönen Seele zusammenfallen: dann stimmt die Chemie.

Eingedenk jener Chemie-Sozialromantik des späten 18. Jahrhunderts, in dem Revolution an der Tagesordnung war, beachte man die schon früh gewählte Ernüchterung; so die Feststellung, die Schleiermacher in sein Tagebuch notierte: „Einige verhalten sich in der Gesellschaft wie unzerlegbare chemische Stoffe, sie bleiben immer auf dem Grunde liegen.“<sup>12</sup> Von der toxischen Idee eines gesellschaftlichen Bodensatzes ist es im 19. Jh. nur ein recht kleiner Schritt zum Konzept des Asozialen, der sich durch Untätigkeit, Renitenz und mangelnde Bildungsfähigkeit auszeichnet – wie überhaupt das chemische „Milieu“ es zu einem Begriff für die Beschreibung sozialer Gruppen gebracht hat.

Nicht nur metaphorisch, sondern materiell wurde die Chemie im 19. Jh. zur gesellschaftsprägenden Macht, v.a. über ihre produktivitätssteigernden Anwendungen in Landwirtschaft und Industrie, d.h. über die Technische Chemie. Zum Ende des Jahrhunderts traten die Medizin, Bakteriologie und Hygiene hinzu, d.h. das Feld der heute sogenannten Lebenswissenschaften. Dies führte auch in Deutschland zu einer Arbeitsrichtung der „sozialen Chemie“ (nach französischem Vorbild). Dazu gehörten inhaltlich die Arbeitsmedizin, die Hygiene und der frühe Umweltschutz. Die Gründung der Fachgruppe für gerichtliche, soziale und Lebensmittelchemie im *Verein deutscher Chemiker* fand auf der Hauptversammlung des Vereins vom 8.-12. Juni 1927 in Essen statt. Im Kongressbericht heißt es dazu:

„Außer Fragen der Gewerbehygiene kommen ja für die *soziale Chemie* auch noch andere Momente in Betracht, die zum Teil nur im Verein mit Medizinern zu lösen sind, wie z. B. die Abgabegase der Motorengase, Rauchschäden, Sumpffieber, Schäden durch die Schädlingsbekämpfung, durch die künstlichen Dünger auf den Feldern usw.“<sup>13</sup>

Provokant formuliert arbeitet die soziale Chemie seitdem an den Folgen, deren Ursachen sie größtenteils selbst zu verantworten hatte.

<sup>11</sup> *Attractio* stammte von Newton und sickerte aus der Physik in die Chemie ein.

<sup>12</sup> „Aus Schleiermachers Tagebuch“, zusammengestellt von Wilhelm Dilthey, neu abgedruckt in *Schleiermachers Werke* Bd. 2, 1913, Nr. 136, hier S. XXVII.

<sup>13</sup> Anonymus: *Zeitschrift für angewandte Chemie* 40 (24), 1927: 649.





#### 4. Fazit

Dass die Chemie seit Ende des 20. Jahrhunderts in der Gesellschaft zwischen „Faszination und Verteufelung“ rangiert (Weitze et al. 2017), ist also wenig überraschend. Denn auch hier hat sie die oben attestierte Mittelstellung und füllt den dynamischen Zwischenraum zwischen Himmel und Erde (Himmel und Hölle?) mit Syntheseleistungen. Ihre neue Herausforderung liegt darin, das Synthetisierte auf leichte, ergo schnelle biologische Abbaubarkeit hin zu entwerfen und nicht auf Beständigkeit (vgl. Plastikproblematik). Das grundlegende Dilemma der Nachhaltigkeit – Langlebigkeit versus Erneuerbarkeit von Gütern, die eine Beschleunigung impliziert – spannt der Chemie den Bogen auf für ihre nächste Mittelstellung; und für die nächste Runde an Kritik. In der zurzeit von vielen Regierungen propagierten Bioökonomie ist die Chemie die tragende Wissenschaft, worüber das Präfix „Bio“ nicht hinwegtäuschen sollte, wie schon in den 1960er Jahren nicht bei der Biotechnologie.

Neben dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsdiskurs haben sich in Gesellschaften mit hohem Bildungsniveau mittlerweile anti-wissenschaftliche Diskurse Bahn gebrochen, die sich als „anti-autoritäre“, „freiheitliche“ (bisweilen bewusst gegen den Rechtsstaat gerichtete) dekorieren, obwohl sie profitieren. In dieser explosiven Lage, die natürlich noch nicht an die revolutionäre Stimmung im Mitteleuropa des späten 18. Jahrhunderts heranreicht, könnte es lohnen, sich an die einst versöhnlich gemeinten chemischen Sozialmetaphoriken zu erinnern. Der französische Literat Michel Houellebecq hat mit seinem physikalistisch betitelten Buch *Elementarteilchen* (1998) bereits die kalte gesellschaftliche Seite der Gegenwart paraphrasiert. Die Stimmigkeit der Chemie zeigt schon bei Goethe, was auch bzgl. der gesellschaftlichen Corona-Lage ordnungstheoretisch nicht zu unterschätzen ist: „Die Elemente wählen nicht, aber der Mensch kann sich klar machen, daß die in der elementaren Welt herrschende Notwendigkeit auch ihm Gesetze vorschreibt“ (Walzel 1906: 198). Andererseits wird mit der stimmigen Chemie eine natürliche Verwandtschaft in die Anschauung gebracht, die keine Bluts-, sondern Seelenverwandtschaft ist. Sie drückt sich durch Anziehungskraft und Neigung aus. Und deshalb sind wir heute schließlich in der BWG, als Wahlverwandtschaft in „Kleiner“ Runde und wegen der *attractio* mit Sicherheitsabstand.<sup>14</sup>

#### Literatur:

- ARISTOTELES (1995): Philosophische Schriften. 6 Bde. Hamburg. (Bd. 5: Metaphysik; Bd. 6: Physik/Über die Seele).
- ARISTOTELES (2009): Über den Himmel. Hg. und übers. von A. Jori. Berlin.
- ARISTOTELES (2011): Über Werden und Vergehen. De generatione et corruptione. Griech.-deutsch. Übers. und hg. von T. Buchheim. Hamburg.
- ARNDT, A. (2013): Friedrich Schleiermacher als Philosoph. Berlin.
- BECKMANN, J. (1777): Anleitung zur Technologie. Göttingen.
- BERGMAN, T. O. (1775): Disquisitio de Attractionibus Electivis. In: Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften Uppsala. (dt. Übersetzung 1785 von Heinrich Tabor unter dem Titel „Wahlverwandtschaften“).
- BIRD, A. & E. TOBIN (2018): „Natural Kinds“, in: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/natural-kinds/>>.

<sup>14</sup> Dass die ideale Geselligkeit in einer Akademie mit Schleiermachers Werk zum geselligen Betragen in Verbindung steht, zeigt Wiedemann (2002).





- BÖHME, G. & H. BÖHME (2004): Feuer, Wasser, Erde, Luft: Eine Kulturgeschichte der Elemente. München.
- BRAKEL, J. v. (2000): The Philosophy of Chemistry. Leuven.
- BUNGE, M. (1982): Is Chemistry a Branch of Physics? In: Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie/Journal for General Philosophy of Science **13** (2), 209-223.
- DALTON, J. (1801): Elements of English Grammar, or A new system of grammatical instruction: for the use of schools and academies. London.
- DALTON, J. (1808-1827): A New System of Chemical Philosophy. London (2 Bde; 3 Teilbde).
- GERHARD, M., G. HARTUNG & N. C. KARAFYLLIS (2020<sup>2</sup>): Möglichkeiten und Grenzen einer disziplinären Bestimmung der Naturphilosophie. In: Kirchhoff, T. & N. C. Karafyllis et al. (Hg.): Naturphilosophie. In: Ein Lehr- und Studienbuch [2017]. Tübingen 82-90.
- GMELIN, J. F. (1795<sup>2</sup>): Handbuch der technischen Chemie, Bd. 1. Halle.
- GOETHE, J. W. v. (1809): Die Wahlverwandschaften. Tübingen.
- HEGEL, G. W. F. (1830/1974): Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse (1830). Zweiter Teil: Die Naturphilosophie. In ders.: Werke. Bd. 9. Frankfurt
- KARAFYLLIS, N. C. (2002): „Nur soviel Holz einschlagen, wie nachwächst“ – Die Nachhaltigkeitsidee und das Gesicht des deutschen Waldes im Wechselspiel zwischen Forstwissenschaft und Nationalökonomie. In: Technikgeschichte **69** (4), 247-273.
- KARAFYLLIS, N. C. (2020): Kontamination und Lesbarkeit der Welt. Die frühe Geschichte der „Deutschen Sammlung von Mikroorganismen“ in Göttingen und Grundlegendes zur Sammlungsforschung. In: Jahrbuch der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft 2019, Braunschweig 126-149.
- KÖCHY, K. (2020<sup>2</sup>): „Kampf“ um die Naturphilosophie. In: KIRCHHOFF, T. & N. C. Karafyllis et al. (Hg.): Naturphilosophie. In: Ein Lehr- und Studienbuch [2017]. Tübingen 57-65.
- MICHAEL, I. (1970): English Grammatical Categories: and the tradition to 1800. Cambridge.
- NYE, M. J. (1994): From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines, 1800-1950. Berkeley u. Los Angeles.
- PFLUG, G.: „Die Chemie stimmt“, Glosse veröffentlicht auf der Webseite der Gesellschaft für deutsche Sprache e.V. (GfdS), Wiesbaden, o. J., <https://gfds.de/die-chemie-stimmt/> (Zugriff 17.5.2020).
- PSARROS, N. (1999): Die Chemie und ihre Methoden – eine philosophische Betrachtung. Weinheim.
- SACHSSE, H. (1987<sup>2</sup>): Kausalität – Gesetzlichkeit – Wahrscheinlichkeit. Darmstadt.
- SCERRI, E. R. (2020): On Chemical Natural Kinds. In: Journal for General Philosophy of Science **51** (3), 427-445.
- SCHLEIERMACHER, F. D. (1799/1913): Versuch einer Theorie des geselligen Betragens; zuerst anonym in: Berlinisches Archiv der Zeit und ihres Geschmacks, Jan./Feb. 1799. Ediert in: Kritische Gesamtausgabe, Bd. 2, hg. von Günter Meckenstock, Berlin/New York 1984, 165-184. Hier benutzte Ausgabe: Schleiermachers Werke. Auswahl in vier Bänden, Bd. 1, hg. von Otto Braun, Leipzig: 1913, 1-32.
- SUCKOW, G. A. (1784): Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chemie. Leipzig.
- WALZEL, O. F. (1906): Goethes „Wahlverwandschaften“ im Rahmen ihrer Zeit. – GEIGER, L. (Hg.): Goethe Jahrbuch 27. Frankfurt/M. 166-206.
- WEITZE, M.-D.; J. SCHUMMER & T. GEELHAAR (Hg.) (2017): Zwischen Faszination und Verteufelung. Chemie in der Gesellschaft. Heidelberg.
- WIEDEMANN, C. (2002): Ideale Geselligkeit und ideale Akademie. Schleiermachers Geselligkeits-Utopie 1799 und heute. – Forschungsberichte der Interdisziplinären Arbeitsgruppen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften **11**. Berlin 61-80.



## Eine erneute Standortbestimmung 18 Jahre nach dem Neujahrsvortrag von Professor Joachim Klein 2002 zum Thema Chemie ist Leben – (über)lebt die Chemie?

THOMAS SCHEPER

Institut für Technische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover,  
scheper@iftc.uni-hannover.de

„Prognosen sind schwierig, vor allem, wenn sie die Zukunft betreffen“. Jeder kennt dieses Zitat, jeder schreibt es einer anderen Persönlichkeit zu: Nostradamus, Mark Twain, Winston Churchill, Kurt Tucholsky, Niels Bohr und vielleicht sogar Joachim Klein. Denn in seiner Neujahrsansprache am 10. Januar 2002 hat er den Versuch unternommen, vier Themen der Chemie zu definieren, in denen in der Zukunft die größten Umwälzungen zu erwarten wären. Natürlich hat er in seinem Vortrag erst die Leistungen der Chemie im Bereich der Herstellung von Arzneimitteln, von Düngemitteln, Kunstfasern, Farben und der Bauchemie dargestellt. Die Chemie begleitet uns ja im täglichen Leben in vielfältiger Art und Weise. Während die Physik allgemein als Wissenschaftsdisziplin gesehen wird, die alle grundlegenden Naturphänomene neutral untersucht, wird die Biologie als beschreibende Wissenschaft der belebten Natur positiv bewertet und die Chemie als Naturwissenschaft, die sich mit der Stoffzusammensetzung und der -umwandlung beschäftigt, eher negativ betrachtet, da sie für viele unserer Umweltprobleme verantwortlich gemacht wird. Natürlich ist dies eine sehr vereinfachte Betrachtungsweise, doch haben Kommunikationswissenschaftler in den letzten Jahren detailliert erarbeitet, dass das Bild der Chemie trotz aller PR-Maßnahmen in den letzten 20 Jahren noch negativer geworden ist.

Erstaunlicherweise ist die chemische Industrie (es gibt keine physikalische und es gibt keine biologische Industrie!) in den letzten 18 Jahren dennoch weltweit rasant gewachsen. 2002 lag der weltweite Umsatz an Chemieprodukten bei 1,4 Billionen Euro, im Jahr 2019 bei 3,6 Billionen Euro. Deutschland ist einer der größten Exporteure von Chemie- und Pharmaprodukten und in den letzten 20 Jahren hat sich der Verbrauch von chemischen Produkten pro Person gerade im asiatischen Raum dem der westlichen Welt angenähert. Ein Leben ohne Chemie ist nicht möglich.

Lassen wir das Renommee der Chemie und speziell der chemischen Industrie in der Bevölkerung gerade der westlichen Welt einmal außer Acht und konzentrieren wir uns auf die Aussagen, die Herr Klein in seinem Vortrag in vier Punkten zusammengefasst hat. So postuliert er, dass die Chemie als eigenständige Naturwissenschaft sich in der Zukunft vier Themen intensiv widmen würde:

- I.) Der chemischen Bindung
- II.) Den Geheimnissen der Katalyse
- III.) Der nicht-kovalenten Wechselwirkung
- IV.) Der Chemie der Nachhaltigkeit.

Die chemische Bindung (I.) und die nicht-kovalenten Wechselwirkungen (II.) sind klassische Themengebiete der Grundlagenforschung in der chemischen Forschung. Hier hat sich in den letzten 20 Jahren die Chemie im Bereich der Quantenchemie sehr der Physik angenähert. Die von Herrn Klein beschriebenen Schwierigkeiten bestehen aber immer noch. Man ist weiter nicht in der Lage, größere komplexe Systeme besser zu beschreiben und vor allen Dingen Vorhersagen über die Stoffeigenschaften zu machen. Es hat sich wenig getan. Die großen Fragen bestehen immer noch.



Ich selbst möchte mich im weiteren zwei Gebieten widmen, die auch die wissenschaftlichen Arbeiten von Herrn Klein in seiner aktiven Laufbahn betreffen: der Katalyse und der Nachhaltigkeit bzw. Bioökonomie. Hier hat sich in den letzten 20 Jahren viel getan. Zwar wurden viele Erwartungen nicht erfüllt, andere wurden aber übertroffen und vor allen Dingen werden heute Wege beschritten, die vor 18 Jahren noch nicht vorhergesagt werden konnten.

## Nachhaltigkeit und Bioökonomie

Unter nachhaltiger Chemie versteht man ein Wirtschaften in stofflichen Kreisläufen, die vollständig geschlossen sind. Rest- und Abfallstoffe müssen wieder zu Sekundärrohstoffen aufbereitet werden können, so dass es zu keiner weiteren Verknappung von Rohstoffen kommt. Besondere Hoffnung hat man zur Jahrtausendwende in nachwachsende Rohstoffe gelegt. Gerade im Bereich der Petrochemie ist das Erdöl als endliche Ressource anzusehen, die gerade bei einer wachsenden Weltbevölkerung schnell verbraucht sein würde. Hier greift die Bioökonomie an, die sich zum Ziel gesetzt hat, die erdölbasierte chemische Industrie in eine Industrie basierend auf pflanzlichen Rohstoffen umzuwandeln. Der Begriff der Bioökonomie (s. Abb.1) zeigt, dass die chemische Industrie sich hier die Biologie von der Rohstoffbasis bis zu den Prozessabläufen als Vorbild nehmen sollte.



Abb. 1. Definition Bioökonomie in Hinblick auf die Biologisierung der Chemischen Industrie

Erhebliche Anstrengungen wurden unternommen, um von der Petrochemie zu einer biobasierten Chemie zu gelangen. Aus der Sicht des Chemikers ist es egal, ob die Rohstoffe aus Erdöl oder aus pflanzlichen Quellen stammen. Die chemischen Synthesewege sind etabliert und bekannt, wenn die Rohstoffe klar definiert sind. In Abb. 2 sieht man, dass man über die Schlüsselsubstanz Essigsäure eigentlich die gesamten chemischen Industrieprozesse aufbauen kann. Dem Chemiker selbst ist es egal, ob die Essigsäure nun aus Erdöl oder aus nachwachsenden Rohstoffen wie Zucker gewonnen wird. Prinzipiell ließe sich also die chemische Industrie allein auf Rohstoffen wie der Glukose aufbauen.

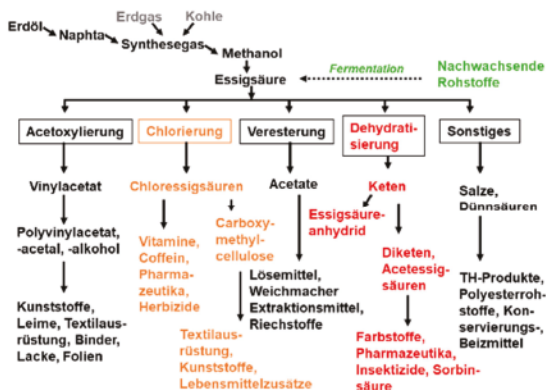


Abb. 2. Die Essigsäure als zentraler Baustein in der Chemischen Industrie

Lassen Sie uns das Ganze etwas anschaulicher gestalten, um die Möglichkeiten, aber auch die Probleme und Restriktionen deutlich zu machen. Ein Paradebeispiel hierfür ist die Aromenindustrie. Orangenöl wird in vielen Lebensmitteln von uns täglich gerne genossen. Die Hersteller des Orangenöls, das aus Orangenschalen gewonnen wird, verbessern das Orangenöl durch das Zuführen einer wichtigen Duftkomponente, dem Buttersäureethylester. Diese Substanz ist klassisch chemisch einfach und extrem kostengünstig herzustellen. Alle Ausgangsstoffe kann man petrochemisch gewinnen. Der so hergestellte Buttersäureethylester ist ein chemischer **naturidentischer** Aromastoff, der deklariert werden muss und dessen Akzeptanz beim Verbraucher äußerst gering ist. Verwendet man in dem Prozess nun aber natürliche Buttersäure und natürliches Ethanol und setzt für die katalytische Reaktion Biokatalysatoren, also Enzyme ein, dann erhalte ich den gleichen Buttersäureethylester nach dem gleichen Reaktionsschema und habe einen **natürlichen** Aromastoff, der vom Verbraucher ohne Probleme akzeptiert wird. Aus der Sicht des Chemikers handelt es sich um die gleiche Reaktion. Der Katalysator, den ich verwende, und die Rohstoffe kommen allein aus der Natur. Der Chemiker weiß, wie er sie verwenden muss, um die gewünschten Produkte herzustellen.

Gleiches gilt für die Herstellung von natürlichem Vanillin. Hier sei bemerkt, dass Vanillin der wichtigste Aromastoff weltweit ist und wir über 15.000 Tonnen natürliches Vanillin pro Jahr verwenden (Abb. 3). Dieses Vanillin kann aber gar nicht alleine aus der Vanilleschote gewonnen werden. Dieser Rohstoff ist extrem knapp, teuer und nur wenig verfügbar. Die rein chemische Synthese des Vanillins ist einfach, kostengünstig, aber als chemischer Aromastoff in der Lebensmittelindustrie verpönt. Unproblematisch kann ich das Vanillin in einem ähnlichen enzymtechnischen Prozess aus Ferulasäure, die man aus Reiskleie gewinnt, oder Eugenol, das ich aus Gewürznelken gewinnen kann, herstellen. Das Vanillin, das hier aus biologischen Komponenten gewonnen wird, ist natürlich und kann so als natürlicher Aromastoff deklariert werden. Dieses Vanillin hat einen sehr hohen Marktwert. Chemisch gesehen ist es identisch mit dem chemisch synthetisierten Vanillin. Der Verbraucher akzeptiert es ohne Probleme. Die Wertschöpfung ist hoch. In enger Kooperation mit Molekularbiologen sind nun die Chemiker dabei, Mikroorganismen maßgeschneidert zu gestalten, um aus biologisch einfachen nachwachsenden Rohstoffen wie der Glukose über chemische Reaktionswege, die in Mikroorganismen eingeschleust werden, solche Aromakomponenten herzustellen.



Ein Paradebeispiel ist hier das  $\alpha$ -Jonon, das in roten Früchten, aber auch Veilchen vorkommt und einer der teuersten Aroma- und Duftstoffe in der Lebensmittelindustrie, aber auch der Parfümerie ist.

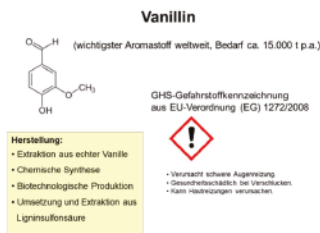


Abb. 3. Herstellung von Vanillin auf unterschiedlichen Wegen und Gefahrstoffkennzeichnung bei Nutzung in technischen Produkten

Bei diesen Beschreibungen ergibt sich schon das Problem, ob es sich eigentlich noch um Chemie oder Molekularbiologie oder Biologie oder Biochemie handelt. Aus der Sicht des Chemikers verwendet man Reaktionssysteme und Reaktionskomponenten aus der Natur und verwendet sie für chemische Synthesewege, um gewünschte Substanzen herzustellen, die definierte Eigenschaften haben. Hier ergeben sich aber interessante Probleme. Natürlich ist eine Deklaration auf Lebensmitteln nötig, ob es sich um einen chemischen naturidentischen oder einen natürlichen Aromastoff handelt. Der Hersteller muss aber nicht erwähnen, wie das natürliche Vanillin hergestellt wird. Ob es sich hier um eine Verbrauchertäuschung handelt, ist ein interessantes Diskussionsthema, das hier aber nicht weiter vertieft werden soll. Aber wenn ich das Vanillin, egal ob es chemisch synthetisiert ist, aus der Vanilleschote kommt oder über biologische Verfahren hergestellt ist als technisches Produkt verwende, muss ich jeweils der Gefahrstoffverordnung Rechnung tragen. So muss in einem technischen Produkt, in dem ich das Vanillin verwende (beispielsweise Reinigungsmittel) deklariert werden, dass das Vanillin gesundheitsschädlich beim Verschlucken ist, allergische Hautreaktionen verursachen kann und sogar genetische Defekte verursacht. Die entsprechenden Gefahrstoffsymbole müssen aufgebracht werden. Eine solche Deklaration ist nicht nötig, wenn wir die Substanzen aber in den Lebensmitteln verwenden. Beim Vanillin selbst, das nur in geringsten Konzentrationen in Lebensmitteln verwendet wird, mag dieser Unterschied in der Deklaration noch einleuchten. Es gibt aber andere Aromastoffe (Limonen), bei denen diese Unterschiede in der Deklaration schon als problematisch zu betrachten sind (Abb. 4). Diese aus Orangenschalen gewonnene Substanz kann Lebensmitteln zugesetzt werden oder als reines Lösungsmittel verwendet werden. Wieder sind die Gefahrstoffsymbole nur beim technischen Einsatz vorgeschrieben.

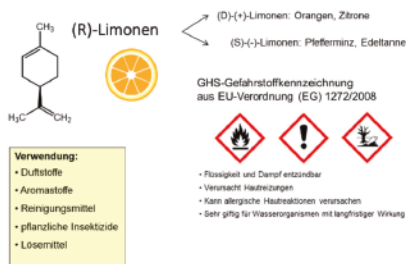


Abb. 4. Verwendung von aus natürlichen Quellen gewonnenen Limonens und Gefahrstoffkennzeichnung bei Nutzung in technischen Produkten



Aromastoffe sind nicht als Bulkchemikalien oder Bulkprodukte zu betrachten, da sie nicht im großem Tonnenmaßstab hergestellt werden. Hierzu gehören eher Produkte wie Kautschuk, das für die Reifenproduktion wichtig ist. Man hat festgestellt, dass er aus russischem Löwenzahn gewonnen werden kann. Die Eigenschaften solcher Reifen entsprechen dem herkömmlicher Reifen und Firmen wie Continental bemühten sich intensiv diese einfachen Pflanzensysteme verstärkt zu nutzen. Schnell musste man aber feststellen, dass hier die landwirtschaftlichen Flächen zum Anbau des Löwenzahns nicht ausreichen. Das Problem soll am Beispiel der Herstellung von Polyethylen deutlich gemacht werden (Abb. 5). Polyethylen ist ein Kunststoff, von dem 2017 weltweit 350 Millionen Tonnen produziert wurden. Der Kunststoff wird in Folien, Plastikflaschen und anderen Gegenständen des täglichen Bedarfs verarbeitet. Die Herstellung erfolgt über Ethanol, das auch aus Glukose oder Zellulose gewonnen werden kann. Diese pflanzlichen Rohstoffe lassen sich beispielsweise im Pappelkurzumtrieb herstellen. Hier werden schnellwachsende Pappeln verwendet und es ist belegt, dass pro Quadratmeter auch in unseren Breiten ca. 1 kg Pappelholz pro Jahr gewonnen werden kann. Wenn man vereinfacht annimmt, dass Erdöl den gleichen Kohlenstoffgehalt wie Pappelholz hat, lässt sich ausrechnen, wieviel Pappelholz benötigt wird, um die genannte Menge Polyethylen aus Holz zu gewinnen. Man kann ein halbes Kilogramm Polyethylen aus einem Kilogramm Erdöl herstellen, d.h. man benötigt  $7 \times 10^{10}$  kg Holz, um die Jahresproduktionsmenge aus dem Jahr 2017 bereitzustellen. Dies würde einer Agrarfläche von  $7 \times 10^5$  km<sup>2</sup> entsprechen (s. Abb. 5). Dies entspricht in etwa der doppelten Fläche Deutschlands.



Abb. 5. Berechnung der Herstellung des weltweit benötigten Polyethylens aus natürlich nachwachsenden Rohstoffen

Das zeigt, dass gewaltige Rohstoffmengen benötigt werden, um unsere beliebten chemischen Produkte des täglichen Bedarfs herzustellen. Prinzipiell ist die Herstellung aus pflanzlichen Rohstoffen möglich, doch ergeben sich erhebliche Anbauflächenprobleme, um tatsächlich diese Mengen bereitzustellen. Die nachhaltige chemische Industrie kann deshalb nicht einfach von Erdöl auf pflanzliche Rohstoffe umschalten, da die Anbauflächen begrenzt sind und eigentlich zur Nahrungsmittelproduktion benötigt werden. Darüber hinaus ergibt sich das Problem, dass das Polyethylen zwar aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wird, es aber immer noch umweltproblematisch ist, da das Polyethylen, das aus natürlichen Rohstoffen gewonnen ist, identisch mit dem Polyethylen aus Erdöl ist und nicht bioabbaubar ist. Die Umweltbelastung bleibt also ähnlich groß.



In den letzten 20 Jahren hat sich gezeigt, dass zwar viele Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden können, diese dadurch aber nicht unbedingt umweltverträglicher werden bzw. die Rohstoffmenge für die Produktion der gewünschten Tonnagen völlig unzureichend ist. Andererseits werden in der Aroma- und Duftstoffindustrie nicht mehr wertvolle nur begrenzt verfügbare Pflanzen ausgebeutet und so die Biodiversität erhalten. Es muss beachtet werden, dass nur etwa 5 bis 7 % des jährlichen Erdölverbrauchs in die stoffliche Nutzung geht, d.h. von der gesamten Menge des Erdöls, das wir weltweit im Jahr verbrauchen, werden nur 5 bis 7 % benötigt, um Kunststoffe, Düngemittel oder Farben und Pharmaka herzustellen. Die restliche Menge wird für die Energiegewinnung und für die Mobilität verwendet. Hier hat deshalb ein Umdenken eingesetzt, dass zum einen die Kunststoffprodukte sortenrein in Alltagsprodukte umgewandelt werden, um sie nach der Benutzung ohne Probleme wieder verwenden zu können (Umwandlung in Sekundärrohstoffe) und dass vor allem die Chemie neue Kunststoffsysteme entwickeln muss, die biologisch unproblematisch abgebaut werden können. Hier sind die Chemiker mit ihrem Stoff- und Reaktionswissen gefordert, neuartige Materialien bereitzustellen, die für die Nutzung als Gebrauchsgegenstand optimal sind, aber nach der Nutzung ohne Probleme in die Grundsubstanzen umgewandelt werden können. Für die Synthesewege können biologische Systeme oder Wissen über biologische Abbauege hilfreich sein. Die Ausgangsstoffe selbst können aber durchaus aus der Petrochemie gewonnen werden.

Insgesamt hat es also in der chemischen Industrie ein Umdenken in Bezug auf die Nachhaltigkeit gegeben. Die Bioökonomie ist hilfreich, um natürliche Rohstoffe dort einzusetzen, wo es sinnvoll ist (Aromaproduktion, Lebensmittelzusatzstoffe, Pharmaka). Aber letztendlich kann mit dem Wissen über biologische Synthese und Abbauege die Chemie neue Materialien schaffen, die hochwertig sind, aber ohne Probleme in eine Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden können. Die Entwicklungen in diesen Gebieten sind rasant und werden die chemische Industrie und die Ausbildung unserer Naturwissenschaftler an den Universitäten in den nächsten Jahren massiv herausfordern.

## Katalyse

Die Katalyse war schon immer ein Kernthema der Chemie. Das Verständnis, aber auch das Nutzen solcher Prozesse, die ohne Komplikationen schnell und effizient Ausgangssubstanzen in gewünschte Produkte umwandeln, sind für den Erfolg der chemischen Industrie immer ausschlaggebend gewesen. Hier hat Herr Klein in seinem Vortrag vermutet, dass das Verständnis für diese Reaktionen intensiviert werden würde, um damit die Planbarkeit chemischer Reaktionen besser in den Griff zu bekommen. Das Verständnis der katalytischen Abläufe ist sicherlich Gegenstand vieler Disziplinen der Chemie von der physikalischen Chemie hin bis zur makromolekularen Chemie. Aber genauso wenig wie 2002 vorausgesagt werden konnte, dass 2008 mit der Einführung des iPhone die sogenannten Smartphones ihren Siegeszug beginnen würden, konnte vorausgesagt werden, dass die Auslegung chemischer Prozesse und Reaktionen heute immer stärker durch Digitalisierungssysteme vorangetrieben wird. Ähnlich wie Übersetzungsprogramme eigentlich völlig ohne linguistisches Verständnis arbeiten, sondern rein auf statistischen Auswertungen beruhen, nutzen auch heute Künstliche Intelligenz und Machine Learning-Programme Informationen in unvorstellbaren Geschwindigkeiten, um mögliche Reaktions- und Synthesewege aufzustellen. Diese disruptiven Technologien sollen in ihrer Wirkung in der chemischen und biotechnologischen Industrie im Folgenden kurz angerissen werden. In Abb. 6 ist dargestellt, wie sich ein katalytischer Syntheseprozess aufbauen lässt. Zuerst wird der Katalysator erprobt. In dem Schema werden drei verschiedene Katalysatortypen verwendet. Hiervon können dann verschiedene Varianten (Zusammensetzung) des Katalysators



verwendet werden (in dem Schema 10). Dann kann die Struktur oder die Fixierung des Katalysators (hier in 20 Variationen) modifiziert werden. Beim Prozess selber können die Reaktortypen (hier zwei) erprobt werden und die Prozessbedingungen (hier fünf wie Temperatur, Druck, Licht, Strömungsgeschwindigkeit und Mischverhalten) sowie die Zusammensetzung der Reaktionsmischung der Ausgangsprodukte variiert werden (30 Reaktionsgemische). Letztendlich muss dann das Produkt isoliert werden (Aufarbeitung mit acht Varianten). Damit ergeben sich allein für die Wahl des Katalysators 600 Möglichkeiten, für die Wahl der Prozessbedingungen 2.400 Möglichkeiten, also insgesamt 1,44 Millionen von Kombinationen, die durchgetestet werden müssten. Lange Zeit hat man versucht, durch das molekulare Verständnis der Katalyse und der Reaktionsbedingungen die optimalen Kombinationen zu ermitteln. Das ist jedoch extrem aufwendig, zeitraubend und sicherlich für die Grundlagenforschung hochinteressant, jedoch für die schnelle Etablierung von Prozessen zur Produktion von hochwertigen Produkten ineffizient.

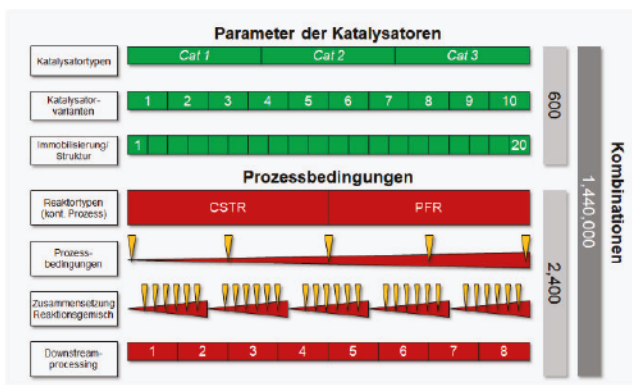


Abb. 6. Kombinationsmöglichkeiten bei der Etablierung eines katalytischen Produktionsprozesses

Mit Hilfe moderner Digitalisierungstools können diese Kombinationen sehr schnell durchgespielt werden. Das wird in Abb. 7 dargestellt. Dazu wird der Prozess zur Herstellung eines Produktes in sechs Module unterteilt und jedes dieser Module (beispielsweise Katalysatorauswahl) besteht aus Untermodulen. In den Untermodulen wird dann beispielsweise der Katalysatortyp ausgewählt und verschiedene Varianten erprobt. Jedes dieser Hauptmodule kann beispielsweise aus vier bis fünf Untermodulen bestehen. Werden pro Hauptmodul sechs Untermodule verwendet, ist man schnell in der Größenordnung von 360 Millionen Kombinationsmöglichkeiten. Kein Prozessmodell kann hier den optimalen Prozess ermitteln. Es ist jedoch möglich, diese Module in virtuellen Prozessräumen über sogenannte digitale Zwillinge als Modell zu spiegeln. Das heißt, der reale Prozess der Katalysator- oder der Reaktorauswahl wird als digitaler Zwilling, als Algorithmus in der virtuellen Prozessarchitektur dargestellt. In diesem virtuellen Rechenraum können die digitalen Zwillinge ohne Probleme miteinander kommunizieren und in kürzester Zeit verschiedene Varianten austesten und unter den gegebenen Bedingungen (Eduktwahl, Produktwahl, ökonomische Randbedingungen etc.) einen optimalen Syntheseprozess vorschlagen.



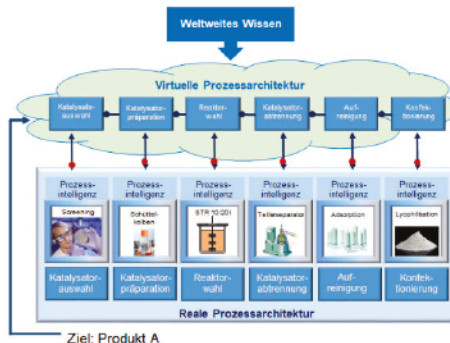


Abb. 7. Spiegelung eines realen Produktionsprozesses in eine virtuelle Prozessarchitektur

Vorteilhaft ist ein solches System, da der virtuelle Raum mit dem weltweiten Wissen ständig über das Internet im Austausch steht. Das heißt: Jederzeit kann das neueste Wissen, egal ob es detailliertes Grundlagenwissen, Stoff- oder nur Erfahrungswissen ist, eingebracht werden und zu einer weiteren Optimierung des Gesamtprozesses führen. Letztendlich macht ein solches digitale System einen Vorschlag, wie aus bestimmten Ausgangsstoffen ein bestimmtes Produkt mit definierten Eigenschaften hergestellt werden könnte. Ein solcher Prozess, der in der virtuellen Prozessarchitektur beschrieben wird, kann dann, wie in Abb. 8 zu sehen, in die reale Prozessarchitektur gespiegelt werden. Hier wird der Prozess mit sieben definierten Modulen dargestellt – entsprechend der Auslegung im virtuellen Raum. In dem realen Prozess kann dann der chemische Prozess ablaufen und gleichzeitig über die virtuelle Prozessarchitektur auf Schwankungen hin überprüft und weiter optimiert werden. Auch hier ist die Verbindung mit dem weltweiten Wissen in der Lage, den Prozess stets unter optimalen Bedingungen laufen zu lassen.

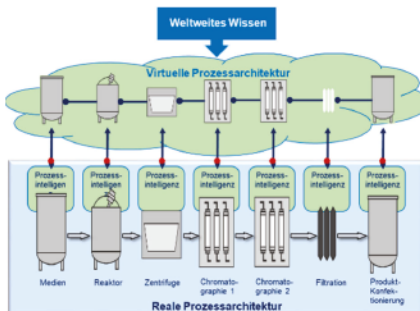


Abbildung 8 Interaktion zwischen der virtuellen und der realen Prozessarchitektur

Dieses disruptive Prozessverständnis hat in der chemischen Industrie schon durchaus Eingang gefunden. In der biotechnologischen Industrie, also bei der Verwendung von biologischen Systemen zur Produktion von Pharmaka und anderen Substanzen wird das System bisher erprobt.



Natürlich ergeben sich heute noch viele Schwierigkeiten beispielsweise bei der rechtlichen Beurteilung eines solchen Prozesses und der Patentierbarkeit der Systeme. Dennoch zeigt sich, ähnlich wie beim Umdenken jedes einzelnen über den Smartphone-Gebrauch auch, dass mit Digitalisierungstechnik große Mengen schnellstmöglich effizient verarbeitet werden können, ohne dass detailliertes Wissen benötigt wird. Die Kombination alleine von vielen Informationshäppchen ermöglicht es, stabile und effiziente Prozesse bereitzustellen.

Vor wenigen Wochen wurde in *Science* die Künstliche Intelligenzsoftware SYNTHIA vorgestellt, die für verschiedene potentielle COVID-19-Pharmaka neue Syntheserouten ermitteln sollte. Bedingt durch die Knappheit vieler Pharmawirkstoffvorstufen auf dem Markt sollten diese Substanzen (einschließlich Remdesivir, Dexamethason) über neue Synthesewege aus anderen Rohstoffen bereitgestellt werden. Die KI-Software sollte für 12 Pharmakomponenten neue Synthesewege für die Produktion im Kilogrammmaßstab finden. Tatsächlich wurden für 11 der Komponenten neue Synthesewege gefunden. Allein für die antivirale Substanz Umi-fenovir wurden vier neue nicht patentierte Synthesewege gefunden. Leider wurden bisher nicht für das vielversprechende Remdesivir neue Synthesewege bereitgestellt. Dennoch zeigt dieses Beispiel, dass hier im Bereich der Katalyse und der chemischen Synthese völlig neue Wege innerhalb der letzten 20 Jahre eröffnet wurden.

### Schlussbetrachtung

Vor 18 Jahren hat Herr Klein in seinem Neujahrsvortrag gewagt, einen Blick in die Zukunft der Chemie zu werfen. Die von ihm definierten Themengebiete waren interessant und sind es immer noch. In zwei dieser Gebiete ist der weitere Erkenntnisgewinn bisher eher gering und nicht unbedingt revolutionär, aber in den anderen beiden Gebieten hat sich in den letzten Jahren sehr viel getan. Zum Teil entsprechen die Entwicklungen bei der Nachhaltigkeit durchaus den Vorstellungen und Prognosen von Herrn Klein. Im Bereich der Katalyse sind aber völlig neue Wege aufgetan worden, an die man vor 18 Jahren überhaupt noch nicht denken konnte. Nicht allein die Erweiterung des Grundlagenwissens hat hier zum Erfolg geführt, sondern das geschickte Kombinieren von Informationen und das Aufstellen von intelligenten Algorithmen, die helfen, das vorhandene Wissen jeglicher Art zielführend, schnell und effizient zu nutzen.

Die Digitalisierung steckt in der Chemie noch in den Kinderschuhen. Die Möglichkeiten und Potenziale sind noch nicht einmal annähernd bekannt. Wir sollten aber den Mut haben, mit viel Neugier und Wissensdurst die Möglichkeiten, die sich hier ergeben, zu nutzen und nicht nur allein die Chemie, sondern gerade die Grenzgebiete zwischen Chemie und anderen Naturwissenschaften voranzutreiben. Die klassische Chemie existiert für mich nicht mehr. Die harten Grenzen zwischen Chemie, Physik und Biologie verschmelzen immer mehr. Die Chemie braucht physikalische Erkenntnisse gerade im Bereich der Quantenphysik unbedingt, um Grundlagenwissen zu generieren. Die Chemie hat solche Auswirkungen auf biologische Systeme in jeglicher Art, dass auch hier nur Fortschritte erzielbar sind, wenn wir über die Grenzen hinweg denken. So ergeben sich enorme Herausforderungen an die Ausbildung in den Naturwissenschaften an Schulen und Universitäten – gerade im Bereich der Digitalisierung. Diese auch breite Weiterbildung ist schwierig, da oft, wenn die Diskussion auf chemische Fragestellungen kommt, Gesprächspartner abblocken mit dem Argument „schon in der Schule das Fach Chemie gehasst und nicht verstanden zu haben.“ Gepaart mit den Ressentiments, die gegenüber der Chemie aufgrund der vielseitigen Umweltbelastungen bestehen wagen selbst Chemiker häufig nicht mehr, ihr Fach offensiv zu vertreten und darzustellen. Aber auch hier hat in den letzten Jahren drei, vier Jahren ein gewaltiger Sinneswandel eingesetzt. Frau Mai Thi Nguyen-



Kim hat als Chemikerin das Internet erobert. In ihrem You-tube-Kanal „The secret life of scientist“ oder „schön schlau“ hat sie gezeigt, wie man die Chemie einem breiten Publikum nahebringen kann. Ihre Lernvideos „musstewissen“ sind bei jungen Menschen „Kult“. Und wer ihr Anfang 2020 veröffentlichtes Video zur Corona-Pandemie gesehen hat, versteht, dass man die Chemie einem breiten Publikum mit all seinen Faszinationen nahebringen kann. Diese Wege der Weiterbildung und Ausbildung müssen wir in den nächsten Jahren weiter in Angriff nehmen.



## Vom Licht der Philosophie

CLAUS-ARTUR SCHEIER

Seminar für Philosophie, TU Braunschweig, c.scheier@tu-braunschweig.de

Für Joachim Klein zum 85. Geburtstag

Wenn wir eine *Idee* haben, ist uns ein Licht aufgegangen, und „wissen“ bedeutet (wie das *eidénai* der Griechen) „gesehen haben“. Die *idée* ist das Aussehen, sich Zeigen von etwas, Platons Idee das Licht, das etwas allererst zur Erscheinung bringt. Auf das Licht ist die Wissenschaft von ihrem griechischen Anfang an bezogen als auf ihre Quelle. Der Mythos, das Erzählte, ist immer etwas Besonderes – das Licht ist die *erscheinende Allgemeinheit*, die gleiche Gegenwart für alle: Was im Licht steht oder zutage liegt, *kann jeder nachprüfen*. So sind die Metamorphosen der europäischen Wissenschaft zugleich Metamorphosen des Wissens vom Licht selbst,<sup>1</sup> und erst die industrielle Moderne hat das „natürliche Licht der Vernunft“ verabschiedet. Aber sie entwarf – wie in der Photographie – auch neue Weisen des Gesehenhabens.

Die frühe Naturwissenschaft war politisch-ökonomischen Ursprungs (wie sie es *de facto* nie verleugnen konnte und wollte). Die Denker des 6. vorchristlichen Jahrhunderts waren allesamt nüchterne Bürger, politisch tätig in ihren unruhigen Stadtstaaten, die von keiner Theokratie mehr an der Kandare heiliger Tradition gehalten wurden, Grundbesitzer, auch Händler und Großhändler mit internationalen Beziehungen, die ebenso auf die Sicherheit des Warenverkehrs zu achten wie Gewinn und Verlust sorgsam zu berechnen gelernt hatten – denen sich kurzum das, was sie mit eignen Augen sahen, als verlässlicher bewährte denn alles, was zu Hause oder von Fremden erzählt wurde.

Denn was *erzählt* wurde, der *mythos* verläuft sich allemal im Dämmer der Vergangenheit und ist auf Treu und Glauben zu nehmen, bedarf der Autorität, die, wo sie sich nicht oktroyiert, ihrerseits nur auf Willigkeit bauen kann, während die *Anschauung* jetzt und hier für jedermann, politisch gesprochen: demokratisch, nachprüfbar ist. Die Anschauung ist das Organ der Freiheit, ihr Wesen das Licht.

Die einzelne Seele, die zu sich Ich sagt, *egô*, sieht zwar nicht *alles* und schaut doch *das All* an, sucht mit dem Strahl des Auges den ihm verwandten Äther – Gleiches zu Gleichem, wie es noch Goethe in der Einleitung seiner *Farbenlehre* bekenntnishaft verdichtet:

Wär' nicht das Auge sonnenhaft,  
Wie könnten wir das Licht erblicken?  
Lebt' nicht in uns des Gottes eigne Kraft,  
Wie könnt' uns Göttliches entzücken?

Darin spricht immer noch die bis ins Ende des 2. vorchristlichen Jahrtausends zurückreichende Überzeugung, für den einzelnen wie für den Staat komme es darauf an, sich zu reinigen, innerlich Licht zu werden – und das heißt nun im 6. vorchristlichen Jahrhundert schon: den trüben Dunstkreis der menschlichen Auffassungen und Meinungen, der *dóxai*, zu verlassen und die

<sup>1</sup> Kreuzer 2008<sup>2</sup>. Zur theologischen Dimension des Begriffs Ringleben 2008.





Seele aufzuheben ins reine Licht, das ihre wahre Heimat ist, in jenen reinen Äther des Wissen, von dem noch Hegel in nächster Nähe zu Goethe, und in charakteristisch neuzeitlicher Wendung, sprechen wird: „Das *reine* Selbsterkennen im absoluten Anderseyn, dieser Aether *als solcher*, ist der Grund und Boden der Wissenschaft oder das *Wissen im Allgemeinen*.“<sup>2</sup>

Diese Rede vom Selbsterkennen als Äther ist noch etwas anderes als eine bloße Metapher - wie wenn wir sagen, uns sei „ein Licht aufgegangen“ -, aber im Jahrhundert Heraklits war es ganz und gar keine Metapher.<sup>3</sup> Das himmlische Licht ist als das alles Belebende das Leben selbst (*zôê*), als das reine sich von sich selbst her Zeigen oder sich Offenbaren die Wahrheit (*alêtheia*) und entzündend das kleine Licht unsrer Seele ist es schließlich der Weg (*hodós*) in sich zurück als in die lebendige Wahrheit, so schon der Weg der Wissenschaft, *hê méthodos*, die Methode.

Solange die Wissenschaft also eine Welt nicht verlässt, die *wesentlich anschaulich* ist - und sie wird diese Welt nicht verlassen bis zur industriellen Revolution und ihrer Positivierung der Wissenschaften -, solange wird sie das äußere Licht vom inneren Licht unterscheiden, auch wenn ihr neuzeitlich die alte *Sphaera Lucis*<sup>4</sup> sich weitet zum unendlichen Raum.

Die *ratio naturalis*, dieses natürliche Licht der Vernunft, dessen aristotelische Fackel im 13. Jahrhundert so mächtig aufleuchtet, wird erst nur getragen von der Wahrnehmung, denn unsere natürliche Erkenntnis, lehrt Thomas von Aquin, kann „nur so weit kommen, wie sie vom Wahrnehmbaren geleitet wird.“<sup>5</sup> Sie wird sich aber spätestens zu Anfang des 14. Jahrhunderts mit Wilhelm von Ockham selbständig und auf den langen Weg in ihre eigne Tiefe machen, um sich schließlich im reinen Äther der Hegelschen *Wissenschaft der Logik* aufzulösen. Dieser geschichtliche Weg, der, um nur sie zu nennen, über Nikolaus von Kues und Giordano Bruno, über Descartes, Spinoza und Leibniz führt, ist zugleich der Triumph des natürlichen Lichts in beiderlei Gestalt: als das Licht der *Vernunft* türmt es sich zu den Methodentraktaten und Systemen der Neuzeit, als das Licht der *Natur* wird es Gegenstand einerseits der jungen mathematisierten Wissenschaften, andererseits der die sichtbare Welt auf ihre vollkommene Sichtbarkeit hin erschließenden Malerei von Jan van Eyck bis William Turner. Dieser Licht-Parallelismus ist *more geometrico* deduziert bei Vermeers Altersgenossen Spinoza (beide sind 1632 geboren),<sup>6</sup> der, nicht zufällig, auch eine geometrische *Abhandlung über den Regenbogen* verfasst hat. Von den unendlich vielen Attributen Gottes erfasst die natürliche Vernunft *sich selbst und ihr anderes*, die *Ausdehnung*, so, dass „die Ordnung und Verknüpfung der Ideen dieselbe ist wie die Ordnung und Verknüpfung der Dinge“<sup>7</sup> - so korrespondieren das äußere und das innere Licht<sup>8</sup> in der unendlichen Gegenwart ihres Ursprungs, die der *Amor Dei* ist, die Liebe Gottes (als gen. subj. und obj.).<sup>9</sup> Eben dies, dass ihr sichtbares Licht zugleich durch und durch geistig ist, macht die *Schönheit* der neuzeitlichen Malerei aus.

Derart mächtig scheint das Licht der geschichtlich entfalteten natürlichen Vernunft ins 18. Jahrhundert, dass dieses sich selber, und in allen europäischen Sprachen, den Ehrentitel der *Aufklärung* gibt. Sie ist zugleich die *Krise* der natürlichen Vernunft, die sich, absolut geworden, mit

<sup>2</sup> Hegel 1980: Vorrede, 22.

<sup>3</sup> Beierwaltes 1980, vom Neuplatonismus zurückdenkend: „In der *vorsokratischen Philosophie* ist ‚L[icht]‘ vorwiegend Metapher für die Intelligibilität von Sein und Wahrheit“, 282.

<sup>4</sup> Hedwig 1980.

<sup>5</sup> Thomas 1886: *Naturalis nostra cognitio a sensu principium sumit. Unde tantum se nostra naturalis cognitio extendere potest, inquantum manuduci potest per sensibilia* (1.12.12.c).

<sup>6</sup> Hornák 2004.

<sup>7</sup> Spinoza 1967: *Eth. II, prop. VII, 168/169*.

<sup>8</sup> Spinoza 1979: *Cap. XV, 454/455: (ratio) revera mentis lux est* – das Licht des Geistes.

<sup>9</sup> Spinoza 1967: *Eth. V, prop. XXXVI, 544-547*.



sich selbst entzweit in die Extreme der einfachen Innerlichkeit der *Empfindung* und des nur mehr seinem eignen Prinzip, der Nützlichkeit folgenden *Verstandes*.<sup>10</sup> Von beiden Seiten her war die klassische Metaphysik und so auch ihr Licht-Begriff unglaublich geworden, und damit standen - die Revolution würde alsbald den blutigen Beweis antreten - auch die in dieser Tradition stehenden Institutionen, Kirche und Staat, zur Disposition: Für seinen *Brief über die Blinden* musste Diderot 1749 wegen Atheismus-Verdacht drei Monate einsitzen und kam noch glimpflich davon.

Was es zuletzt auf sich hatte mit dem alten Licht, erhellt in Goethes Generalangriff auf Newtons *Opticks*, der bezeichnenderweise theologisierend vorgetragen wurde.<sup>11</sup> Die allgemeinen geschichtlichen Motive werden aber deutlicher im Licht der Philosophie, näher im Blick auf die seit David Hume und Jean-Jacques Rousseau radikal veränderte *Logik der Welt*, die erst Kant wieder an jene „Vernunftbegriffe“ zurückzubinden lehrte, die er im Blick auf Platon *Ideen* nannte<sup>12</sup> und in denen ein neues Urteil gründete: das „synthetische Urteil a priori“. Was Goethe wie seine an Kant anknüpfenden philosophischen Zeitgenossen zutiefst beunruhigte, war jene *Entfremdung* von Innen und Außen, von Empfindung und Verstand, die keine Mitte mehr zulassen schien und so auch keine Wahrheit (wenn die Wahrheit seit Solon dies ist, *in die Mitte zu treten*).<sup>13</sup> Die Farben, das vielfältige Hell-Dunkel, mussten der Goetheschen Naturanschauung als *die unmittelbar gegenwärtige Mitte* erscheinen und also als „Urphänomen“:

Wir sehen auf der einen Seite das Licht, das Helle, auf der andern die Finsternis, das Dunkle, wir bringen die Trübe zwischen beide, und aus diesen Gegensätzen, mit Hilfe gedachter Vermittlung, entwickeln sich [...] die Farben[.]<sup>14</sup>

Was Goethe an der Newtonschen Theorie irritierte, war deren erscheinende Mittellosigkeit, dies, das Licht selbst mechanisch-atomistisch aus Farben zusammengesetzt sein zu lassen und es so aus der *empfundenen* Einheit in die Kombinatorik des sich selbst genügenden *Verstandes* zu übersetzen.

Wir können im Rückblick leicht sehen, dass dies für Newton selbst noch gar kein Problem sein konnte. Denn er, drei Jahre älter als Leibniz, gehörte jener Generation von Denkern vor David Hume an, für die es kraft des Lichtes der natürlichen Vernunft feststand, dass die absolute Synthesis oder Identität die unendliche Produktivität Gottes ist, in deren Gewissheit sie das Licht der Natur sehr wohl der Welt-Mechanik überlassen konnten, die eben darum Vernunft-Mechanik war. Nicht länger so nach den kritischen Erdbeben, die mit den Namen Hume und Rousseau verbunden sind: Hier hatte diese Mechanik ein ganz anderes Aussehen angenommen und ihr Verstand die Physiognomie des *Schreckens* von 1794, den Hegel „die *Furie* des Verschwindens“<sup>15</sup> nannte.

Zuletzt hielten die Newtonschen Befunde stand gegen die Goetheschen, weil sie die *technischen* waren und sich deswegen sozusagen *avant la lettre* in einen geschichtlichen Horizont einschreiben konnten, der eben erst aufzudämmern begann und in dem es nichts mehr war mit jenem Licht, das geleuchtet hatte von Solon bis in die Systeme des deutschen Idealismus - in den Horizont der industriellen Moderne und ihrer positivistischen Wissenschaften.

<sup>10</sup> Scheier 2004; 2008.

<sup>11</sup> Schöne 1987.

<sup>12</sup> Kant 1904, 245-250 (B 368-377).

<sup>13</sup> Scheier 2019.

<sup>14</sup> Goethe 2005, § 175. Scheier 2005.

<sup>15</sup> Hegel 1980, VI.B.III, 319.



Das früheste Denken, das diesem Epochenwandel Rechnung zu tragen wusste, die Philosophie Schopenhauers beschrieb die neue Welt, wie es sich gehört, ermüdet genug:

Im unendlichen Raum zahllose leuchtende Kugeln, um jede von welchen etwa ein Dutzend kleinerer, beleuchteter sich wälzt, die inwendig heiß, mit erstarrter, kalter Rinde überzogen sind, auf der ein Schimmelüberzug lebende und erkennende Wesen erzeugt hat; – dies ist die empirische Wahrheit, das Reale, die Welt.<sup>16</sup>

Näher besehen fasziniert uns jener beleuchtet-erzeugende Schimmelüberzug freilich nicht weniger als die Griechen den Äther, nicht durch unser natürliches Auge wohlgerichtet, aber mittels der technischen Sensoren der Experimentalkulturen moderner Wissenschaft. Noch 1801 bei Sir Humphry Davys erster Demonstration des Lichtbogens blieb augenscheinlich unklar, ob es sich wirklich um einen kontinuierlichen Bogen handelte oder nur um einen anhaltenden Funken.<sup>17</sup> Erst der Einsatz einer leistungsfähigeren Batterie brachte Klarheit. In seinen *Elements of Chemical Philosophy* (1812) konnte Davy dann über das erzeugte Phänomen schreiben, es sei ein „most brilliant ascending arch of light, broad, and conical in form in the middle“.<sup>18</sup>

Seinen klassischen Einsatz wird der Lichtbogen in der chemischen Spektralanalyse finden, in der die Bestandteile von Metallen als Spektrallinien zum Leuchten gebracht werden, und die Korrespondenz von innerem und äußerem Licht ist technisch vermittelt immer weiter ins Elementare vorgedrungen. 2002, im Neujahrsvortrag der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, betrachtete ihr damaliger Präsident Joachim Klein die „Chemie im Lichte ihrer Leistungen“.<sup>19</sup>

„Der Mensch“, hatte Heraklit geschrieben, „nachts, zündet sich ein Licht an, wenn ihm das Sehen (*ópsēis*) entzogen ist“. Wir entzünden Lichter nur noch lebensweltlich; geschichtlich bedacht machen wir das Licht. Das ist neu. Und deshalb fragen wir auch: Was machen wir da?

#### Literatur:

- AYRTON, H. (2012): *The Electric Arc*. Cambridge.
- BEIERWALTES, W. (1980): Art. Licht, Hist. Wörterbuch der Philosophie 5, Basel, Sp. 282-289.
- DAVY, H. (1812): *Elements of Chemical Philosophy*, Part I, Vol. 1, Philadelphia.
- GOETHE, J. W. (2005): Entwurf einer Farbenlehre. Des ersten Bandes erster, didaktischer Teil, in Schmidt, P. (Hg.): *Zur Farbenlehre, Sämtliche Werke* 10, München.
- HEDWIG, K. (1980): *Sphaera Lucis*. Studien zur Intelligibilität des Seienden im Kontext der mittelalterlichen Lichtspekulation. Beiträge zur Geschichte der Philosophie und Theologie des Mittelalters. NF 18, Münster.
- HEGEL, G. W. F. (1980): *Phänomenologie des Geistes*, in Bonsiepen, W. / Heede, R. (Hg.): *GW* 9, Hamburg 1980.
- HORNÄK, S. (2004): Spinoza und Vermeer. Immanenz in Philosophie und Malerei, Würzburg.
- KANT, I. (1904): Kritik der reinen Vernunft, Von den Ideen überhaupt, in *Kant's Werke* III, Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften, Berlin 245-250 (B 368-377).
- KLEIN, J. (2003): Chemie ist Leben – (über)lebt die Chemie? in: *Jahrbuch der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG)* 2002, Braunschweig, 29-40.

<sup>16</sup> Schopenhauer 1988, Kap. I, 11.

<sup>17</sup> Ayerton 2012. Für den Hinweis auf die wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung des Lichtbogens danke ich Nicole Karafyllis.

<sup>18</sup> Davy 1812, 85.

<sup>19</sup> Klein 2003, 34 (m.H.).



- KREUZER, J. (2008<sup>2</sup>): Art. Licht, in: Konersmann, R. (Hg.): Wörterbuch der philosophischen Metaphern, Darmstadt, 206-224.
- RINGLEBEN, J. (2008): „In deinem Lichte sehen wir das Licht.“ Theologisch-Philosophische Überlegungen zum Licht vom Gottesgedanken her, in Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft LIX, Braunschweig, 267-279.
- SCHEIER, C.-A. (2004): Vernunft und Gegenvernunft? Aufklärung, Romantik und Globalisierung, in Weismüller, Chr. und Karger, A. (Hg.): Gewalt und Globalisierung. Psychoanalyse und Philosophie, Düsseldorf, 10-18.
- SCHEIER, C.-A. (2008): Entzweiung als Bildung des Zeitalters. Hegel und Rousseau im kulturphilosophischen Kontext, in Zeitschrift für Kulturphilosophie (ZKPh) 2, 2008/2, 235-251.
- SCHEIER, C.-A. (2019) Solons Musenelegie, in: Zeitschrift für Kulturphilosophie (ZKPh) 13, 2019/1, 150-165.
- SCHEIER, C.-A. (2005): Der Begriff der Farbe und die Farbe des Begriffs in Hegels Ästhetik, in Wandschneider, D. (Hg.): Das Geistige und das Sinnliche in der Kunst. Ästhetische Reflexion in der Perspektive des Deutschen Idealismus, Würzburg, 89-94.
- SCHÖNE, A. (1987): Goethes Farbentheologie, München.
- SCHOPENHAUER, A. (1988): Die Welt als Wille und Vorstellung II, in Lütkehaus, L. (Hg.): Werke II, Zürich.
- SPINOZA, B. (1979): Tractatus theologico-politicus / Theologisch-politischer Traktat in Gawlik, G. / Niewöhner, F. (Hg.): Opera / Werke, Bd. 1, Darmstadt.
- SPINOZA, B. (1967): Ethica / Ethik in Blumenstock, K. (Hg.): Opera/Werke, Bd. 2, Darmstadt.
- THOMAS AQUINAS (1886): Summma theologica, Rom.





## Nach-Gedanken eines extraterrestrischen Physikers\*

KARL-HEINZ GLAßMEIER

Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, TU Braunschweig

Vor 25 Jahren feierte die Technische Universität Braunschweig ihr 250jähriges Gründungsjubiläum. Im Mittelpunkt der Feierlichkeiten stand der Kongress *Wissenschaft als Zukunftskultur – Vom Nachdenken zum Vordenken*.<sup>1</sup> Auch wenn dieses Motto, damals als Aufforderung verstanden, schleichend seinen Weg aus der Erinnerung der Technischen Universität Braunschweig gefunden hat und anderen Leit(d)bildern Platz machen musste, so ist doch Wissenschaft gerade in Zeiten einer Pandemie mit ihren wissenschaftsbasierten Erklärungen und Prognosen für die Zukunft einer aufgeklärten und optimistischen Kultur unabdingbar.<sup>2</sup> Mir ist dies Anlass genug, anlässlich meines Ausscheidens aus dem aktiven Dienst an der TU Braunschweig, retrospektiv einige Überlegungen über die Zukunft meines physikalischen Fachgebietes, Geophysik und extraterrestrische Physik, und darüber hinaus anzustellen.<sup>3</sup>

Von Bernd Rebe (1939-2013), Präsident der TU Braunschweig von 1983 bis 1999, nach meiner Berufung auf den Lehrstuhl für Geophysik und Meteorologie gefragt, was denn meine wissenschaftliche Maxime für die zukünftige Tätigkeit an seiner Universität sei, lautete meine Antwort: „Geophysik in und aus dem Weltraum.“ Diese Maxime hat mein Wirken in Braunschweig entscheidend geprägt wie die nachfolgenden Bemerkungen zeigen werden.

Der Begriff *Geo-Physik*, die Untersuchung physikalischer Prozesse in und auf der Oberfläche unseres Planeten, geht auf Julius Fröbel (1805-1893) zurück.<sup>4</sup> Zu Fröbels Zeiten war noch nicht an eine direkte physikalische Erkundung anderer Himmelskörper zu denken. Fröbels *Position* des Begriffes *Geophysik* sollte daher nicht gleich eine *Negation*<sup>5</sup>, den Ausschluss anderer Planeten und planetarer Körper als Gegenstand geophysikalischer Studien, bedingen. Geophysikalische Forschung unterscheidet sich in ihren Methoden und in ihrem Anspruch nicht von konventioneller Laborphysik, lediglich der Forschungsgegenstand ist ein anderer, und er erfordert Weiterungen in Bezug auf die Besonderheit der zu betrachtenden räumlichen und zeitlichen Skalen.

In typischen Laborexperimenten hat eine Physikerin die ein physikalisches System bestimmten Parameter unter Kontrolle und kann sie einstellen, variieren, um physikalische Gesetze zu

\* Schriftliche Fassung meiner für den 12. Mai 2020 geplanten Abschiedsvorlesung, die leider aufgrund der durch den SARS-CoV-2 Erreger ausgelösten Pandemie und den damit einhergehenden Beschränkungen ausfallen musste.

<sup>1</sup> Glaßmeier, K.H., Tantow, L. (Hrsg.), *Wissenschaft als Zukunftskultur*, Braunschweig, 1995.

<sup>2</sup> Pinker, S., *Aufklärung jetzt*, Frankfurt, 2018.

<sup>3</sup> Siehe auch Glaßmeier, K. H., *Solar system exploration via comparative planetology*, *Nat. Comm.*, 11, 4288, 2020.

<sup>4</sup> Fröbel, J., *Entwurf eines Systems der geographischen Wissenschaften. I. Mitteilung aus dem Gebiet der Theoretischen Erdkunde* 1, S. 1-35, Zürich, 1834.

<sup>5</sup> Als übelwollend ist aber die Abqualifizierung der Geophysik als „Das ist keine Physik“ zu betrachten. In diesem Zusammenhang ist eine bis 2003 geltende Regelung in der Prüfungsordnung für das Fach Physik an der TU Braunschweig bemerkenswert. Dort hieß es in § 23 Abs. 2: „Fächer der Angewandten Physik sind Technische Physik und Geophysik. Die Prüfung 'Angewandte Physik' erfolgt in der Regel im Fach Technische Physik. Auf begründeten Antrag kann der Prüfungsausschuss die Prüfung auch im Fach Geophysik genehmigen. Bei dieser Entscheidung soll der Prüfungsausschuss strenge Maßstäbe anlegen.“



erforschen. Ändert man die auf eine Feder wirkende Kraft, so stellt man eine Abhängigkeit der Auslenkung von eben dieser Kraft fest - und findet das *Hookesche Gesetz*.

Anders geht es dem Geophysiker. Die Untersuchung einer einzigen Subduktionszone lässt noch nicht auf eine allgemeine Theorie der Plattentektonik schließen<sup>6</sup>. Die eine solche Zone bestimmenden Parameter lassen sich nicht manipulieren, entziehen sich menschlicher Experimentierfreude. Geophysikalische Forschung muss sich ihre Untersuchungsobjekte in der Natur suchen, kann eben keine Laborexperimente wie die Laborphysik machen. Die Erde als Ganzes ist das natürliche Labor, in dem Geophysikerinnen ihre Experimente 'machen', indem sie unterschiedliche natürliche, gegebene Situationen, z.B. verschiedene Subduktionszonen untersuchen und vergleichen<sup>7</sup>.

Doch stößt diese Vorgehensweise an Grenzen, wenn man globale Prozesse und Phänomene untersucht. Warum gibt es aber überhaupt Plattentektonik? Ist dies ein notwendiger Prozess? Könnte er auch anders aussehen? Oder das Erdmagnetfeld: es wird heute als Folge eines im flüssigen, äußeren Teil des Erdkerns ablaufenden Dynamoprozesses angesehen. Dies ist sicher eine sehr gut begründete Hypothese, doch welche Bedingungen sind es genauer, die diesen Prozess ermöglichen?

Auf globaler Skala gibt es nur zwei Möglichkeiten, physikalische Prozesse genauer zu verstehen: Paläoforschung, d.h. die retrospektive Betrachtung der erdgeschichtlichen Vergangenheit und die Untersuchung anderer Planeten. So erlaubt z. B. die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften unterschiedlich alter Gesteine, die Paläomagnetik<sup>8</sup>, Langzeitvariationen des Erdmagnetfeldes festzustellen. Die natürliche Variation der den Dynamoprozess bestimmenden Faktoren ersetzt nun die gezielte Variation experimenteller Bedingungen. Ob aber ein durch einen Dynamo erzeugtes Magnetfeld ein Muss für jeden Planeten ist, dies festzustellen, bedarf einer vergleichenden Beobachtung an anderen Planeten und planetaren Körpern. Planetare Magnetfelder besitzen Merkur, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.<sup>9</sup> Venus und Mars reihen sich nicht in diese privilegierte Gruppe planetarer Körper ein. Warum eigentlich nicht?

Lassen wir uns nochmal die Plattentektonik als Beispiel nehmen. Die Beobachtungen und Messungen der Magellan-Mission am Planeten Venus haben überraschenderweise gezeigt, dass eine ähnliche Plattentektonik wie wir sie von der Erde kennen dort nicht auftritt.<sup>10</sup> Das Alter der Oberfläche der Venus ist global mit 500 Millionen Jahren recht jung im Vergleich zum Alter des Planeten von ca. 4.6 Milliarden Jahren. Demgegenüber findet man auf der Erde Oberflächenalter von etwa 200 Millionen Jahren für die ozeanische Lithosphäre bis zu ca. 3.5 Milliarden Jahren für die alten Kratone, wie sie z.B. im Süden des afrikanischen Kontinentes auftreten. Ursache dieses Unterschiedes ist vermutlich eine sehr starke episodische und globale Plattentektonik im Falle der Venus und eine eher regionale, nicht episodische Plattentektonik auf der Erde. Unter episodischer Plattentektonik ist hier ein sehr rasch ablaufender Prozess des Aufsteigens heißer Magma und des Abtauchens kalter Lithosphäre zu verstehen, der zu einem extrem effektiven Wärmetransport aus dem Planeteninneren an die Oberfläche führt und diese in kurzer Zeit völlig neugestaltet. Verbunden ist mit diesem Prozess die Bildung einer neuen,

<sup>6</sup> Eine sehr kompetente und lesenswerte Einführung in die Geophysik liefert z.B. Clauser, C., Einführung in die Geophysik, Berlin, 2016.

<sup>7</sup> Glaßmeier, K. H., Labor Erde, Physik in unserer Zeit, 34, 195, 2003.

<sup>8</sup> Leseempfehlung: Soffel, H. C., Paläomagnetismus und Archäomagnetismus, Berlin, 1991.

<sup>9</sup> Glaßmeier, K. H., Heyner, D., Planetary Magnetic Fields, in: Maggiolo, R., André, N., Hasegawa, H., Welling, D. (Hrsg.), Solar/Heliophere 2: Magnetospheres in the solar system, im Druck, New York, 2021.

<sup>10</sup> Saunders, R. S. & G. H. Pettengill, Magellan: Mission Summary, Science 252, 247-249, 1991.



globalen Lithosphäre, die dann auskühlt, bald schwerer und damit wieder gravitativ instabil wird. Diese Instabilität führt dann zu einem erneuten, episodischen tektonischen Geschehen und einem *Resurfacing* der Venusoberfläche etwa alle 500 Millionen Jahre.

Warum zeigt aber die Erde keine solche episodische globale Plattentektonik? Die Gründe sind bei weitem nicht verstanden. Einen Hinweis könnte die bimodale Hypsometrie der Oberfläche der Erde, d. h. die Existenz von ozeanischer und kontinentaler Kruste liefern. Eine solche bimodale Hypsometrie weist die Venus nicht auf. Warum gibt es keine Kontinente auf der Venus? Vermutlich ist das fehlende Wasser die Ursache. Die hohen Oberflächentemperaturen machen Ozeane auf der Venus unmöglich. Wasser ist aber erforderlich, um die großen Mengen kontinentaler Granite zu erzeugen; es wird durch die Subduktion hydratisierten ozeanischen Lithosphärengesteins in den oberen Mantel verbraucht. So entsteht weniger dichte kontinentale Kruste, die im Gegensatz zur dichteren ozeanischen Kruste auch gravitativ stabiler ist und damit das hohe Alter der Kontinente der Erde erklärt. Also: kein Wasser, keine Kontinente; keine Kontinente, keine Plattentektonik.

Und wie steht es mit Leben auf anderen Planeten? Merkur umläuft in 88 Tagen unsere Sonne, dreht sich in 56 Tagen einmal um sich selber. Die langsame Rotation bewirkt tagseitig eine Aufheizung der Oberfläche bis zu Temperaturen über 700° Celsius, zu heiß, um Leben im terrestrischen Sinne zu zulassen. Und die Atmosphäre der Venus ist zu dicht, um mit Drücken bis zu 10 MPa klimatische Bedingungen für Leben zu ermöglichen. Saturns Mond Titan ist von einer dichten Stickstoff Atmosphäre mit Temperaturen um -180°C umgeben, in der es Methanwolken und Methanregen gibt; keine wahrlich freundliche Umgebung. Erst das Studium solch fremder Welten ermöglicht es uns, terrestrische geologische, physikalische und chemische Prozesse aus geeigneter, vergleichender Perspektive zu betrachten.

Dieser kurze Abriss unterschiedlichster Bedingungen und Prozesse, die wir bisher auf und an planetaren Körpern vorgefunden haben, zeigt, wie wesentlich eine vergleichende Planetologie aus physikalischer und geowissenschaftlicher Sicht ist. Im Vordergrund steht dabei nicht die Frage, warum Merkur, Venus oder Titan so sind, wie wir sie vorfinden, sondern warum unsere Erde so ist, wie sie ist und was dies für unser einzigartiges Habitat bedeutet. Eine vergleichende geophysikalische Forschung im Sonnensystem ist daher ein konsequenter Schritt zukünftiger Forschung. Die vergleichende Planetologie ist die geeignete wissenschaftliche Beobachterin der fruchtbaren Bühne des Agon<sup>11</sup>, Ort der Auseinandersetzung verschiedener physikalischer Möglichkeiten.

Oft bin ich gefragt worden, warum wir denn überhaupt Weltraumforschung betreiben. „Weil wir es können!“ ist dann schnell meine, nicht jede zufrieden stellende Antwort. In den vergangenen 60 Jahren haben wir ein äußerst bemerkenswertes Abenteuer erleben dürfen: die in-situ Exploration unseres Sonnensystems. Weltraummissionen wie Voyager 1/2, Giotto, Cassini-Huygens oder in jüngerer Vergangenheit Rosetta, Hayabusa II und Solar Orbiter haben es uns möglich gemacht, die Sonne, alle acht Planeten sowie Kometen, Asteroiden und sogar Objekte im Kuiper-Gürtel zu besuchen und einige ihrer Eigenarten zu erkunden. Und es gibt nur bedingt Gründe, diese Erfolgsgeschichte anzuhalten.

Haben wir aber für unsere Erde durch das Unternehmen *Erforschung des Weltraums* gelernt? Die Antwort ist ein klares *Ja!* Geophysik im Sinne der Untersuchung globaler physikalischer

<sup>11</sup> Roscher, W. H. (Hrsg.), Ausführliches Lexikon der griechischen und römischen Mythologie. Band 1, S. 107, Leipzig, 1886.



Prozesse ist nur in einem eingeschränkten Sinne Wissenschaft, wenn der untersuchte Gegenstand allein die Erde ist. Wissenschaft ist immer auch Vergleich, Betrachtung der Unterschiede zwischen mannigfaltigen Objekten. Nimmt man einen Stein, dann kann man ihn beschreiben, aber erst der Vergleich mit einem weiteren Stein erlaubt wissenschaftlich zu nennende Weiterungen. Die vergleichende Geowissenschaft bzw. vergleichende Planetologie hat wesentlich zur Selbstvergewisserung des Menschen beigetragen. Heute sind wir sicher, in unserem Sonnensystem allein zu sein. Nur die Erde ist offensichtlich das einzige geeignete Habitat für die Entwicklung höherer Lebensformen, wie uns die Erforschung des Sonnensystems in den vergangenen Jahrzehnten deutlich gemacht hat.

Wie geht nun die Reise in den nächsten Jahrzehnten weiter? Zunächst gilt es große Wissenslücken zu schließen. Da sind in vorderster Reihe die beiden großen Eisplaneten Uranus und Neptun zu nennen. Nur die Voyager 2 Sonde ist 1985 bzw. 1989 an diesen beiden Planeten vorbeigeflogen. Sehr wenige Beobachtungen und Messungen konnten während dieser Vorbeiflüge gemacht werden. Doch die Neugierde ist geweckt! Warum besitzen diese beiden Planeten globale Magnetfelder mit magnetischen Topologien so verschieden von der unserer Erde? Hier gilt es, Neuland in unserem Verständnis der Struktur und Dynamik planetarer Magnetfelder zu betreten. Vorschläge für Weltraummissionen zu den Eisplaneten gibt es mittlerweile, doch ihre Realisation ist noch nicht beschlossen<sup>12</sup>. Die ersehnten Beobachtungen könnten noch 20-30 Jahre auf sich warten lassen.

20-30 Jahre sind für Weltraumprojekte eine typische Laufzeit. Vom zeitlichen und finanziellen Umfang her sind universitäre Beteiligungen an solchen Projekten den Sonderforschungsbereichen vergleichbar. An der Cluster-Mission bin ich seit 35 Jahren beteiligt, Rosetta beschäftigte mich fast 30 Jahre und unsere Beteiligung an der neuen Mission der europäischen Weltraumagentur ESA in das Jupitersystem zur Erforschung der Eismonde Europa und Ganymed, JUICE, läuft seit über 5 Jahren und wird uns bis ins Jahr 2040 beschäftigen. Diese langen Laufzeiten stellen höchste Planungsanforderungen, administrative und politische, an die beteiligten Wissenschaftlerinnen, Institute, Fakultäten und Universitäten.

Als unabdingbar erscheint mir des Weiteren die *in-situ* Beobachtungen auf den Oberflächen planetarer Körper. Solche Messungen liegen vor für den Mond, Mars<sup>13</sup>, den Kern des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko<sup>14</sup> oder auch Asteroiden wie (433) Eros<sup>15</sup> oder (162173) Ryugu<sup>16</sup>. So erfolgreich auch die Erkundung planetarer Oberfläche mit spektralen Untersuchungsmethoden aus dem Orbit heraus sein mag, bleibt doch die *in-situ* Untersuchung der Oberflächen, oberflächennaher und tieferer Schichten im Inneren der Körper die einzige Möglichkeit, wirklich detaillierte wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. Wer käme schon auf die Idee, eine Geologie des Harzes zu entwickeln ohne jemals einen Aufschluss dort genauer untersucht zu haben? Die Strategie für solche Untersuchungen ist denkbar einfach: man

<sup>12</sup> Fletcher, L. N. u.a., Future exploration of ice giant systems, Phil. Trans. Roy. Astron. Soc. A, 378, Issue 2187, 2020.

<sup>13</sup> Banerdt, B. W. u.a., Initial results from the InSight mission on Mars, Nat. Geosci., 13, 183-189, 2020.

<sup>14</sup> Auster, H. U., I. Apathy, G. Berghofer ... K. H. Glassmeier, The nonmagnetic nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Science, 349, DOI: 10.1126/science.aaa5102, 2015.

<sup>15</sup> Scholl, H., L. D. Schmadel, Discovery Circumstances of the First Near-Earth Asteroid (433) Eros. Acta Historica Astronomiae, 15, 210-220, 2002.

<sup>16</sup> Hercik, D., H. U. Auster, D. Constantinescu ... K. H. Glassmeier, Magnetic Properties of Asteroid (162173) Ryugu, J. Geophys. Res., 125, e06035, 2020.





nehme z.B. ein gutes Lehrbuch der Angewandten Geophysik<sup>17</sup> und versuche, die dort beschriebenen Messverfahren auf planetaren Oberflächen durchzuführen. Sicher, einige technische Herausforderungen gibt es zu bewältigen, aber wer hätte Mitte der 80er Jahre gedacht, dass wir wirklich Jahrzehnte später mit Rosetta/Philae auf der Oberfläche eines Kometenkerns landen.

Neben *in-situ* Beobachtung wie sie bereits sehr intensiv, fast schon routinemäßig, auf dem Mars durchgeführt werden, gehören Probenrückführungen in jedes zukünftige Weltraumprogramm. Die Untersuchungen von Mondproben im Labor haben die Bedeutung solcher Probenrückführungen eindrucksvoll gezeigt. Die erfolgreiche Rückkehr der Hayabusa II Proben von der Oberfläche des Asteroiden (162173) Ryugu erregte internationale Aufmerksamkeit. Ebenso wird es der für 2023 erwarteten Rückkehr der OSIRIS-REx Proben von den Oberflächen des (101955) Bennu ergehen. Ihre detaillierte Untersuchung im irdischen Labor wird mit großer Spannung erwartet. Der gemeinsame Aufbau und Betrieb entsprechender Laboratorien zur Analyse der Eigenschaften des rückgeführten Materials ist bereits in vollem Gange.<sup>18</sup>

Der Weltraum hat sich mittlerweile aber auch zu einer weiteren Bühne des Agons gemauert, gibt dem Wettstreit zwischen den Milliarden Jeff Bezos und Elon Musk um die Eroberung des Mondes und des Planeten Mars ein Podium. Bezos tönte<sup>19</sup> „Wir müssen ins All, um die Erde zu retten“ und Musk möchte bereits 2025 auf dem Mars sein neues Haus beziehen<sup>20</sup>. Sein Lieblingsgefährt, ein kirschroter Tesla, befindet sich bereits in einer Umlaufbahn um unseren Nachbarplaneten<sup>21</sup>. Heldeneuphorie oder genialer Werbegag? In jedem Falle ist dies aber Zeugnis des Wunsches nach Entengung unseres Daseins auf dem Heimatplaneten. Wer erinnert sich da nicht an den Liedtext von Peter Schillings *Major Tom* mit dem Refrain „Völlig losgelöst von der Erde schwebt das Raumschiff, völlig schwerelos“<sup>22</sup>. Doch sollte man dieser Fiction-in-Science nicht erliegen. Vielleicht schaffen wir es noch bis zum Mars. Aber dann erreicht der Aufbruch aus der Enge<sup>23</sup> der Erde wohl seine Krise, Objekte mit bemannter Raumfahrt jenseits der Marsbahn zu erreichen ist mehr als unrealistisch, es sei denn hyperdisruptive Technologien tauchen auf.

Aber müssen wir denn überhaupt *persönlich* zu den entferntesten Objekten im Sonnensystem und darüber hinaus? Man stelle sich vor, nach langem Kälteschlaf an der Oberfläche von Neptun aufzuwachen. Kameras einschalten, Sensoren aktivieren, Raumanzug anlegen, Luke öffnen, eine uns allen aus Science-Fiction-Filmen bekannte Vorgehensweise. Die Sensoren sind erforderlich, um die Temperatur zu erkunden, atmosphärische Gase zu erkennen. Sie vermitteln einen ersten Eindruck. Den Raumanzug braucht man, da der Umgebungsdruck möglicherweise deutlich geringer als der Druck der terrestrischen Atmosphäre ist, an den wir evolutionär ange-

<sup>17</sup> Ich empfehle Telford, W. M. u.a., Applied Geophysics, Cambridge, 1990.

<sup>18</sup> Z.B. Helbert, J., Maturilli, A. & De Vera, J. P. Planetary Sample Analysis Laboratory (SAL) at DLR, Lunar Planet. Sci. Conf., 1834, 2019.

<sup>19</sup> Armbruster, A., Beam me up, Jeff, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung 11. Juni 2019, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/amazon-chef-jeff-bezos-ueber-die-zukunft-der-menschheit-16230171.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.

<sup>20</sup> Spiegel online, Elon Musk will auf den Mars umziehen. 26. November 2018. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/elon-musk-will-auf-den-mars-umziehen-a-1240407.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.

<sup>21</sup> ntv 2018, Tesla kreist durchs Sonnensystem. Elon Musks "Starman" erreicht Mars. 6. November 2018, <https://www.n-tv.de/wissen/Elon-Musks-Starman-erreicht-Mars-article20707083.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.

<sup>22</sup> Schilling, P., Major Tom, Liedtext, 1982. <https://www.songtexte.com/songtext/peter-schilling/major-tom-vollig-losgelost-43dcfbef.html>, abgerufen 15. Oktober 2020.

<sup>23</sup> Glaßmeier, K. H., Aufbruch aus der Enge, Schelling Studien, 8, 161-185, 2020.



passt wurden. Ohne druckausgleichenden Raumanzug würden unsere Zellen platzen. Möglicherweise ist die Atmosphäre sehr dicht, dann sähen wir mit unseren Augen wie in einem Nebel nichts und müssten mit Ultraschallsensoren, Fledermäusen gleich, unsere Umgebung betrachten. Oberflächenstrukturen könnten wir anfassen, berühren, ertasten. Aber der haptische Eindruck wäre vermittelt durch eine große Zahl von Sensoren in dem Handschuh unseres Raumanzuges<sup>24</sup>. Alle *Wahrnehmungen* und *Erlebnisse* auf der Oberfläche von Neptun wären nicht echt, wären verfremdet, interpretiert durch technische Einrichtungen. Die so vermittelte Wirklichkeit ist eine durch Technik vermittelte Wirklichkeit. Lohnt dies den Aufwand?

Sollten wir dann nicht gleich autonome Roboter zum Neptun schicken, ausgestattet mit umfangreichster Sensorik, und uns all die Messdaten zur Erde zurücksenden lassen und diese dann in einer *virtual reality* Umgebung<sup>25</sup> für uns zur Erfahrung bringen? Diese Messdaten könnte man dann noch durch umfangreiche numerische Simulationen und deren experimentelle Ergebnisse ergänzen, das Ganze dann zu einer *numerically enriched augmented virtuality* werden lassen. Im Bereich der Luftfahrtforschung ist die Bedeutung der *virtual reality* bereits erkannt. Wissenschaftler und Ingenieurinnen am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig erarbeiten zum Beispiel Verfahren für das *virtual and remote control* von Flugverkehrscontrolltürmen<sup>26</sup>. Hier sehe ich für die Weltraumforschung ein großes Potential für zukünftige Forschung und Entwicklung und Zusammenarbeit.

„Aber ich möchte den Stein doch lieber selber anfassen, möchte selbst erfahren, was da auf der Oberfläche von 67P/Churyumov-Gerasimenko passiert, d.h. ich möchte persönlich dabei sein, wenn es etwas zu entdecken gibt. Nur dann ist es für mich wirklich.“ So habe ich manche Kollegen, manchen Mitarbeiter argumentieren gehört. Aber was heißt es eigentlich, wenn wir von unserem *Ich*, unserem *Selbst* sprechen? Sind dies nicht Konstrukte oder Modelle der Realität, die in unserem Gehirn, von externen Reizen gespeist, geformt werden? Hier ergeben sich äußerst interessante wissenschaftliche Berührungspunkte zwischen Neurowissenschaften, Künstlicher Intelligenz, Weltraumforschung und Philosophie.<sup>27</sup>

Autonomie der Roboter reicht vermutlich nicht, gefordert sind eher *self-aware spacecraft*. Darunter sind hier Systeme zu verstehen, die sich ihres internen Zustands im technischen Sinne *bewusst* sind, ein technisches *Situationsbewusstsein* für ihre Umgebung haben, ihre aktuellen Fähigkeiten bewerten und in die Zukunft projizieren können, die Missionsziele gewissermaßen *verstehen* und Entscheidungen unter Unsicherheit treffen, um seine, von ihrer Konstrukteurin definierten Missionsziele zu erreichen. An solchen Systemen wird an der TU Braunschweig intensiv im Zusammenhang mit sich selbst steuernden Automobilen schon geforscht<sup>28</sup>. Ansätze einer *self-aware spacecraft* Strategie wurden auch im Antrag der Technischen Universität im Rahmen der Bewerbung um Titel und Mittel einer Exzellenzuniversität formuliert.

<sup>24</sup> Z. B. Sundaram, S. u. a., Learning the signatures of the human grasp using a scalable tactile glove, *Nature* 569, 698–702, 2019.

<sup>25</sup> Z.B. Baileson, J., *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*, New York/London, 2018.

<sup>26</sup> Fürstenau, N. (Hrsg.), *Virtual and Remote Control Tower*, Cham, 2016.

<sup>27</sup> Zum Einstieg siehe Metzinger, T., *The Ego Tunnel – The Science of the Mind and the Myth of the Self*, New York, 2009.

<sup>28</sup> Schlatow, J., Möstl, M., Ernst, R. u. a., Self-awareness in autonomous automotive systems, in: *Design, Automation and Test in Europe (DATE)*, Lausanne, 2017.



Teil des Antrages war der Vorschlag für *MoveSpace*. Ziele dieses transdisziplinären Projektes „sind die nachhaltige Herstellung und der Betrieb von großen Sensornetzwerken im Welt-raum.“<sup>29</sup> Umfangreiche Erfahrungen im Betrieb von kleineren Netzwerken von künstlichen Satelliten und der wissenschaftlichen Auswertung dadurch gewonnener Messdaten konnten wir an der TU im Rahmen der Projekte Cluster (Projekt der ESA mit Formationsflug von vier Raumfahrzeugen) und THEMIS (Projekt der University of California at Berkeley und NASA mit Formationsflug von fünf Raumfahrzeugen) sammeln.<sup>30</sup> Größere Netzwerke, Schwärme von Kleinsatelliten, erfordern die Entwicklung neuer Methoden zur Optimierung solcher Sensorcluster.

Aber auch der Frage der Nachhaltigkeit zukünftiger Raumfahrtprojekte muss mehr Raum gegeben werden. Gegenwärtig fordern internationale Vereinbarung, dass Raumfahrzeuge im Erdborbit spätestens nach 25 Jahren einem sogenannten *de-orbiting* zuzuführen sind, d.h. sie müssen zurück in die Atmosphäre verbracht werden, wo sie dann verglühen.<sup>31</sup> So sinnvoll diese Vorgabe auch ist um die Zunahme von Weltraummüll im Orbit zu vermeiden, so fragwürdig ist es, die Atmosphäre zur Müllhalde für Satellitenabfall verkommen zu lassen. Detaillierte Modellbetrachtungen zeigen, dass der anthropogene Eintrag von Stoffen in die obere Atmosphäre zukünftig dem des natürlichen Eintrages durch Meteoriden vergleichbar ist, mit noch nicht bekannten Auswirkungen auf unsere Atmosphäre.<sup>32</sup> Es gibt hier noch viel zu tun, auch im Sinne einer transdisziplinären Weltraumforschung.

Einige Anmerkungen zum Abschluss: die Technische Universität Braunschweig hat in den vergangenen drei Jahrzehnten eine große Zahl von Veränderungen durchmachen können/dürfen/müssen. Diese Veränderungen waren teils das Ergebnis TU-interner Diskussionen und Entscheidungen, meist aber bedingt durch die Veränderungen äußerer Rahmenbedingungen.

Glaubte Bernd Rebe noch daran, dass viele Veränderungsphantasien „am Bollwerk des deutschen Universitätssystems zerschellen werden“<sup>33</sup>, so lehrt uns die Wirklichkeit Anderes. Insbesondere der Bologna-Prozess mit der Einführung von Bachelor- und Master-Studiengängen hat in beispielloser Weise Kräfte gebunden, die besser anderweitig hätten genutzt werden können. Viele der neuen Studiengänge, anfänglich der Universität aufgetroyt, ähneln heute wieder den früheren Diplomstudiengängen, auch wenn viele Inhalte nun unter neuem Namen firmieren. Die Arroganz bildungspolitischer Macht, gepaart mit beeindruckender Selbstgerechtigkeit, hat aus dem deutschen Universitätssystem zeitweilig ein großes Experimentierlabor gemacht, in dem alle werkeln durften, nur wir an der Basis nicht.

Die zunehmende Ökonomisierung der Universität ist in meinen Augen beunruhigend. Intensiver hat sich z.B. Jochen Krautz mit Fragen der Durchsetzung eines ökonomistischen Menschenbildes beschäftigt. Die Novellierung des Niedersächsischen Hochschulgesetzes im Jahre 2002 unter dem Wissenschaftsminister Thomas Oppermann (1954–2020) machte aus dem Präsidium

<sup>29</sup> Ebd. S. 50.

<sup>30</sup> Glasmeier, K. H. u.a., CLUSTER as a wave telescope: First results from the fluxgate magnetometer, *Ann. Geophys.*, 19, 1439–1448, 2001; Glasmeier, K. H. u.a., Magnetospheric quasi-static response to the dynamic magnetosheath: A THEMIS case study, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L17S01, doi:10.1029/2008GL033469, 2008; Narita, Y., *Plasma Turbulence in the Solar System*, Springer, 2012.

<sup>31</sup> ESA, Requirements on Space Debris Mitigation for ESA Projects, Technical Report, Paris, 2008.

<sup>32</sup> Schulz, L., K. H. Glasmeier, On the Anthropogenic and Natural Injection of Matter into Earth's Atmosphere, *Adv. Space Res.*, 67, 1002–1025, 2021.

<sup>33</sup> Persönliche Mitteilung anlässlich einer Sitzung des TU-Konzils am 8. Dezember 1995.





einen Vorstand, der von einem Aufsichtsrat, dem nicht gewählt, sondern vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur ernannten Hochschulrat kontrolliert werden soll. Dies ist für private Wirtschaftsunternehmen mit hierarchischen Strukturen eine sehr gut funktionierende Organisation. Die an einer Universität als Beamtinnen und Beamte tätigen Professorinnen und Professoren genießen aber den Schutz des Grundgesetzes: in § 5(3) heißt es *Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei. Die Freiheit der Lehre entbindet nicht von der Treue zur Verfassung*. Diese Freiheit von Forschung und Lehre hebt die hierarchische Ordnung teilweise auf und bringt andere Formen der Teilhabe mit sich. Die Leine, an der wir laufen, haben die Gründungsmütter und -väter unserer Verfassung aus gutem Grund lang gewählt. Universitäten können nicht wie Wirtschaftsunternehmen organisiert werden!

Die Lehrstühle an der TU Braunschweig sind nur dürtig mit finanziellen Mittel grundausgestattet, zumindest kann ich dies für meinen Lehrstuhl in den vergangenen 30 Jahren gut beurteilen. Drittmittel sind heute *das* alles beherrschende Thema. Wo bekomme ich neues Geld her, wo lasse ich mich für die Präsentation meines neuen Forschungsprojektes beraten, welche geheimen Verführungen baue in meinen Antrag ein, um ihn exzellent aussehen zu lassen, wie schaffe ich es, in *Nature* oder *Science* zu publizieren? Diese Probleme greifen zunehmend Raum. *Antrags-Exzellenz* ist gefragt, *Antrags-Inhalte* treten demgegenüber zurück, Forschungsfortschritte und -ergebnisse drohen zweitrangig zu werden. Auch so kann politische Kontrolle ausgeübt, die Leine wieder kurz gezogen werden. Und die potemkinschen Dörfer bringen sich da in Erinnerung!

Natürlich muss sich eine Universität wie die unsere gesellschaftlichen Entwicklungen stellen. *Change-Management* an einer Universität stellt eine sehr große Herausforderung an die Leitung dar und kann nicht einfach darin bestehen, eine Top-Down Entscheidung als Bottom-Up Prozess zu verklären. Als eine solche Erklärung habe ich den Leit(d)bildprozess mit der Definition der Forschungsschwerpunkte unserer TU empfunden. Ein Bild ist fertig, ein Bild hängt an der Wand, ist zum Betrachten dort. Schöner wäre das Spinnen eines *Leitfadens* gewesen, denn „die Stärke eines Fadens liegt nicht darin, dass irgendeine Faser durch seine ganze Länge läuft, sondern darin, dass viele Fasern einander übergreifen.“<sup>34</sup> Einer dynamischen Universität wäre ein solcher *Leitfaden* angemessener gewesen.

Trotz intensiver Bemühungen ist es mir übrigens bisher nicht gelungen, eine Dokumentation des Prozesses der Leit-Bild-Entstehung zu erhalten oder in der Universitätsbibliothek zu finden. Kritische Bemerkungen meinerseits wurden lapidar mit der Bemerkung „Irgendetwas stimmt mit ihrem *Change-Management* nicht!“ abgetan. *Change-Management* keine Aufgabe für die Leitung, eher Werkzeug für die persönliche Anpassung? Agone sind eher störend, Bewegung auf der Agone, der Linie, entlang der es keine Abweichung gibt, natürlich einfacher. Eine Veränderung hat mich in dieser Hinsicht besonders betrübt, die Abschaffung des Konzils. Das Konzil war ein aus der Urwahl der verschiedenen Statusgruppen hervorgehendes Kollegialorgan der Universität, gewissermaßen das Universitätsparlament, dem der Präsident oder die Präsidentin zweimal jährlich einen Rechenschaftsbericht vorlegen musste<sup>35</sup>. Die Konzilsversammlung war ein Ort, an dem gestritten werden konnte. Gerne zitiere ich hier Georg Simmel (1858-1918) und seine Analysen zur Rolle des Streits: „Wenn jede Wechselwirkung unter Menschen eine Vergesellschaftung ist, so muss der Kampf, der doch eine der lebhaftesten Wechselwirkungen ist, der in der Beschränkung auf ein einzelnes Element logisch unmöglich ist, durchaus

<sup>34</sup> Wittgenstein, L., *Philosophische Untersuchungen*, §67, S. 58, Frankfurt, 2003.

<sup>35</sup> Von 1999 bis 2001 war ich Mitglied im und Sprecher des Vorstands des Konzils der TU Braunschweig.





als Vergesellschaftung gelten... Der Kampf selbst ist schon die Auslösung der Spannung zwischen den Gegensätzen; dass er auf den Frieden ausgeht, ist nur ein einzelner, besonders nahegelegener Ausdruck dafür, dass er eine Synthese von Elementen ist, ein Gegeneinander, das mit dem Füreinander unter einen höheren Begriff gehört.<sup>36</sup> Kampf und Vergesellschaftung, Streit und sich daraus ergebende Einigkeit, neue Ansätze dazu hat es an der TU Braunschweig im Rahmen des Prozesses zur Erstellung des Antrages im Rahmen der Bewerbung um Titel und Mittel einer Exzellenzuniversität gegeben. Meiner Universität wünsche ich alles Gute auf diesem Wege zurück nach vorne: *Move Carolowilhelmina*.

### Danksagung

Mein ganz herzlicher Dank gilt insbesondere all meinen Studenten und Studentinnen, Doktorandinnen und Doktoranden, Kollegen und Kolleginnen an meinen Stationen in Münster, Köln, Washington, Longyearbyen, Lindau/Göttingen und Braunschweig. Insbesondere erinnere ich als Weggefährten an: Hans-Ulrich Auster, Vassilis Angelopoulos, Andre Balogh, Wolfgang Baumjohann, Chris Carr, Lasse Clausen, Malcolm Dunlop, Mark Engebretson, Karl-Heinz Fornacon, Norbert Fürstenau, Shigeru Fujita, Mel Goldstein, Daniel Heyner, Hans Junginger, Dmitri Klimushkin, Axel Korth, Petra Mischnick, Uwe Motschmann, Yasuhiro Narita, Fritz Neubauer, Ingo Richter, Otto Richter, Antje Schwalb, Gerhard Schwehm, Heinrich Soffel, Sami Solanki, Bernd Stoll, Bruce Tsurutani, Jürgen Untiedt, Rolf vom Stein, Joachim Vogt, Volker Wagenitz, Harald Wagner, Jochen Wirths. Schwer in Worte zu fassen ist die Bedeutung, die meine Frau Gisela Sieverdingbeck für mich in all den vergangenen vier Jahrzehnten für mich hatte und hat.

### Literaturhinweise

- Armbruster, A., Beam me up, Jeff, Frankfurter Allgemeine Zeitung 11. Juni 2019, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/amazon-chef-jeff-bezos-ueber-die-zukunft-der-menschheit-16230171.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.
- Auster, H. U...K. H. Glassmeier, The nonmagnetic nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, *Science*, 349, doi: 10.1126/science.aaa5102, 2015.
- Banerdt, B. W. u.a., Initial results from the InSight mission on Mars, *Nat. Geosci.*, 13, 183–189, 2020.
- Clauser, C., Einführung in die Geophysik, Berlin, 2016.
- European Space Agency (ESA), Requirements on Space Debris Mitigation for ESA Projects, Technical Report, Paris, 2008.
- Fletcher, L. N. u.a., Future exploration of ice giant systems, *Phil. Trans. Roy. Astron. Soc. A*, 378, Issue 2187, 2020.
- Fröbel, J., Entwurf eines Systems der geographischen Wissenschaften, I. Mitteilung aus dem Gebiet der Theoretischen Erdkunde 1, S. 1–35, Zürich, 1834.
- Fürstenau, N. (Hrsg.), Virtual and Remote Control Tower, Cham, 2016.
- Glaßmeier, K. H., L. Tantom, L. (Hrsg.), Wissenschaft als Zukunftskultur, Braunschweig, 1995.
- Glaßmeier, K. H. u.a., CLUSTER as a wave telescope: First results from the fluxgate magnetometer, *Ann. Geophys.*, 19, 1439–1448, 2001.
- Glaßmeier, K. H., Labor Erde, *Physik in unserer Zeit*, 34, 195, 2003.
- Glaßmeier, K. H. u.a., The ROSETTA Mission: Flying Towards the Origin of the Solar System, *Space Sci. Rev.* 128, 1–21, 2007.
- Glaßmeier, K. H. u.a., Magnetospheric quasi-static response to the dynamic magnetosheath: A THEMIS case study, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L17S01, doi:10.1029/2008GL033469, 2008.

<sup>36</sup> Simmel, G., *Soziologie*, S. 247, Leipzig, 1908.



- Glaßmeier, K. H., Solar system exploration via comparative planetology, *Nat. Comm.*, 11, 4288, 2020.
- Glaßmeier, K. H. & D. Heyner, Planetary Magnetic Fields, in: Maggiolo, R., André, N., Hasegawa, H., Welling, D. T. (Hrsg.), *Space Physics and Aeronomy Collection, Volume 2: Magnetospheres in the solar system*, Geophysical Monograph 259, Seite 355-377, American Geophysical Union. Published, Washington, 2021.
- Glaßmeier, K. H., Aufbruch aus der Enge, *Schelling Studien*, 8, 161-185, 2020.
- Helbert, J., Maturilli, A. & De Vera, J. P. Planetary Sample Analysis Laboratory (SAL) at DLR, *Lunar Planet. Sci. Conf.*, 1834, 2019.
- Hercik, D. & K. H. Glassmeier, Magnetic Properties of Asteroid (162173) Ryugu, *J. Geophys. Res.*, 125, e06035, 2020.
- Kaysser-Pyzalla, A. (Hrsg.), *We move...*, Antrag im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder, Förderlinie Exzellenzuniversität, Braunschweig, 2018.
- Krautz, J., Bildungsreform und Propaganda - Strategien der Durchsetzung eines ökonomistischen Menschenbildes in Bildung und Bildungswesen, in: *Deutscher Lehrerverband (Hrsg.), Wozu Bildungsökonomie? S. 51-82*, Berlin, 2012.
- Metzinger, T., *The Ego Tunnel – The Science of the Mind and the Myth of the Self*, New York, 2009.
- Müller, D. u.a., Europe's next mission to the Sun, *Nat. Astron.* 4, 205, 2020.
- Narita, Y., *Plasma Turbulence in the Solar System*, Berlin, 2012.
- ntv 2018, Tesla kreist durchs Sonnensystem. Elon Musks "Starman" erreicht Mars. 6. November 2018, <https://www.n-tv.de/wissen/Elon-Musks-Starman-erreicht-Mars-article20707083.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.
- Pinker, S., *Aufklärung jetzt*, Frankfurt, 2018.
- Reinhard, R., The Giotto encounter with comet Halley, *Nature* 321, 313–318, 1986.
- Roscher, W. H. (Hrsg.), *Ausführliches Lexikon der griechischen und römischen Mythologie*. Band 1, S. 107, Leipzig 1886.
- Saunders, R. S., Pettengill, G. H., Magellan: Mission Summary, *Science* 252, 247-249, 1991. <https://doi.org/10.1126/science.252.5003.247>
- Schlatow, J. u.a., Self-awareness in autonomous automotive systems, in: *Design, Automation and Test in Europe (DATE)*, Lausanne, 2017.
- Schilling, P., Major Tom, Liedtext, 1982. <https://www.songtexte.com/songtext/peter-schilling/major-tom-vollig-losgelost-43dcfbef.html>, abgerufen 15. Oktober 2020.
- Scholl, H. & L. D. Schmadel, Discovery Circumstances of the First Near-Earth Asteroid (433) Eros, *Acta Historica Astronomiae*, 15, 210–220, 2002.
- Schulz, L., K. H. Glassmeier, On the Anthropogenic and Natural Injection of Matter into Earth's Atmosphere, *Adv. Space Res.*, 67, 1002-1025, 2021.
- Simmel, G., *Soziologie*, S. 247, Leipzig, 1908.
- Soffel, H. C., *Paläomagnetismus und Archäomagnetismus*, Berlin, 1991.
- Spiegel online, Elon Musk will auf den Mars umziehen, 26. November 2018. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/elon-musk-will-auf-den-mars-umziehen-a-1240407.html>, abgerufen am 13. Oktober 2020.
- Spilker, L., Cassini-Huygens' exploration of the Saturn system: 13 years of discovery, *Science* 14, 1046–1051, 2019.
- Stern, A., The new horizons Pluto Kuiper belt mission: an overview with historical context. *Space Sci. Rev.* 140, 3–21, 2008.
- Stone, E., The Voyagers. *Nature Astronomy* 1, 896, 2017.
- Sundaram, S. u. a., Learning the signatures of the human grasp using a scalable tactile glove, *Nature* 569, 698–702, 2019.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, Cambridge, 1990.



- Tsuda, Y. u.a., System design of the Hayabusa 2-asteroid sample return mission to 1999 JU3, *Acta Astron.* 91, 356–362, 2013.
- Wittgenstein, L., *Philosophische Untersuchungen*, §67, S. 58, Frankfurt, 2003.



## Deep Learning

### Verfahren zur Lösung von Problemen im Bereich Computational Engineering

MANFRED KRAFCZYK

Institut für rechnergestützte Modellierung im Bauingenieurwesen, TU Braunschweig

#### Zum Status Quo

Computational Engineering hat sich in den letzten Jahrzehnten als ein interdisziplinäres Paradigma entwickelt, welches sich mit der Entwicklung und Anwendung von Rechenmodellen und Simulationen, oft unter Verwendung von Hochleistungsrechnern, beschäftigt, um komplexe Mehrfeldprobleme zu lösen, die bei der technischen Analyse und Konstruktion von Ingenieurproblemen auftreten. Die rechnergestützte Simulation bietet dabei die Möglichkeit, in Bereiche vorzudringen, die entweder für traditionelle Experimente unzugänglich sind oder in denen die Durchführung traditioneller empirischer Untersuchungen zu aufwändig ist. Die Entwicklung eines konkreten Simulationsmodells oder Verfahrens beginnt dabei typischerweise mit der Systemidentifikation, bei der ein System als ein Konglomerat individueller Entitäten und ihrer Wechselwirkung gedacht wird. Viele Ingenieursysteme insbesondere in der Struktur- und Festkörpermechanik zeichnen sich durch die Beschreibung von Systemen als Continua über sog. Felder aus, die miteinander in Raum und Zeit interagieren. Die mathematische Beschreibung erfolgt dann in Form von partiellen Differenzialgleichungen, die es unter Annahme geeigneter Rand- und Anfangsbedingungen zu lösen gilt. Durch den zumeist nicht-linearen Charakter dieser Differenzialgleichungen ist es nur in Ausnahmefällen möglich, analytische Lösungen zu finden. Alternativ werden seit vielen Jahrhunderten numerische Verfahren entwickelt, die für endlich viele Punkte oder Intervalle einer Raum-Zeit-Partitionierung Näherungslösungen abzuleiten erlauben. Der resultierende Berechnungsaufwand für eine solche Näherungslösung hängt dabei sowohl von der gewünschten Genauigkeit als auch der algorithmischen Komplexität des zugrundeliegenden numerischen Verfahrens ab. Grundsätzlich besteht ein nichtlinearer, aber monotoner Zusammenhang zwischen Berechnungsaufwand und erzielbarer Genauigkeit, d.h. je genauer die Näherungslösung sein soll, desto aufwändiger ist die Berechnung. Während bei der Lösung eines eindimensionalen Problems im Raum eine Verdopplung der gewünschten Genauigkeit im Wesentlichen maximal zu einer Verdopplung des Rechenaufwandes führt, erhöht die Anzahl der räumlichen Dimensionen die Anzahl der zu berechnenden Unbekannten exponentiell, d.h. in drei Raumdimensionen führt dies zur Erhöhung des Rechenaufwandes um eine Größenordnung. Da neben der Anzahl der Dimensionen in Raum und Zeit oft noch weitere Parameter im Sinne einer Problemdimension variiert werden, sind wir sehr oft mit den Auswirkungen des sogenannten Fluches der Dimensionen [1] konfrontiert, der für viele praxisrelevante Probleme zu inakzeptablen Rechenzeiten bei der Auffindung einer hinreichend genauen Näherungslösung führt. Neben dem Aspekt der Berechnungskomplexität spielt bei numerischen Näherungsverfahren die Frage der Stabilität und Konsistenz eine wesentliche Rolle. Stabilität bezieht sich dabei auf die Eigenschaft eines Verfahrens, dass unvermeidbare Störungen in Zwischenlösungen während der Berechnung nicht grenzenlos wachsen, sondern monoton gedämpft werden. Diese Stabilität kann für ein gegebenes Verfahren z.B. unter Verwendung einer Neumann-Analyse untersucht und optimiert werden. Konsistenz beschreibt den Umstand, dass im Falle asymptotisch kleiner Orts- und Zeitschrittweiten die numerische Lösung mit einer definierten Ordnung (polynomial oder exponentiell) gegen die unbekannte





wahre Lösung des Problems strebt. Das Lax-Wendrow Theorem beweist vereinfacht formuliert, dass Stabilität und Konsistenz hinreichende Bedingungen für die Konvergenz eines numerischen Verfahrens darstellen. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass für hochentwickelte numerische Verfahren im Allgemeinen relativ klar ist, unter welchen Umständen sie mit welchem Berechnungsaufwand zu einer Näherungslösung mit konservativ abschätzbarer Genauigkeit in einer definierten Fehlernorm führen, insbesondere, wenn sie mit Methoden der *a posteriori* Fehlerschätzung gekoppelt werden. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass zwar prinzipiell viele leistungsfähige numerische Methoden (z.B. Finite Elemente, Finite Differenzen, Finite Volumen, Spektrale Methoden u.a.) zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen im Kontext des Computational Engineering verfügbar sind und deren Eigenschaften bzgl. Robustheit und Genauigkeit abgesichert ist; die aus der Nutzung solcher Verfahren resultierenden Berechnungszeiten sind jedoch für viele praxisnahe Problemstellungen selbst bei Nutzung leistungsfähiger paralleler Hardware auf absehbare Zeit inakzeptabel hoch. Daher besteht weiterhin der Bedarf nach innovativen Methoden zur (näherungsweise) Lösung von partiellen Differentialgleichungen.

## Deep Learning

Obwohl erste begriffsprägende Publikationen über Maschinelles Lernen als Teilgebiet der sog. Künstlichen Intelligenz schon vor langer Zeit publiziert wurden (z.B. [12][13]), existiert eine Vielzahl von Definitionen, auf die man sich beziehen kann. In Anlehnung an [14] bezieht sich dieser Artikel auf Maschinelles Lernen als die Wissenschaft von rechnergestützten Methoden, die ihre Problemlösungskapazität durch sukzessive Verarbeitung größerer Datenmengen „selbständig“ erweitern. Unter dem Sammelbegriff des Maschinellen Lernens versammeln sich eine Vielzahl von methodischen Ansätzen, welche zu diskutieren den Rahmen dieses Berichtes übersteigt. Evident ist jedoch, dass die Methoden des Maschinellen Lernens in den letzten beiden Dekaden eine beispiellose Erfolgsgeschichte in Forschung und Technik geschrieben haben, da sie im Kontext der weltweit verfügbaren, exponentiell gewachsenen Datenflut in Verbindung mit leistungsfähiger Hardware mit neuartigen Problemlösungsstrategien unseren Umgang mit Daten und die Fähigkeit, aus Ihnen Informationen, Strukturen und Wissen abzuleiten, revolutioniert haben. Im Folgenden wird auf ein Teilgebiet des Maschinellen Lernens eingegangen, welches seit kurzem zur Berechnung von Näherungslösungen von partiellen Differentialgleichungen adaptiert wurde. Das sogenannte Deep Learning basiert auf der Nutzung von artifiziellen Neuronalen Netzen (ANN). Ein ANN ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt und besteht aus diversen Schichten, die jeweils aus sog. Neuronen bestehen, welche Daten halten (in einfachster Form als Fließkommazahl). In der Eingangsschicht werden die Eingabedaten in einer geeigneten Form kodiert. Die Ausgabeschicht enthält die Berechnungsergebnisse aus der sukzessiven Transformation der Eingangsdaten über die sogenannten „versteckten“ Schichten, die jeweils wieder aus einer definierten Anzahl von Neuronen bestehen. Mathematisch betrachtet handelt es sich bei einem ANN um eine Abbildung zwischen zwei Räumen (beispielsweise reeller Zahlen) von potenziell unterschiedlicher Dimension. Gemäß dem *universal approximation theorem* [8][9] kann ein sog. vorwärtsbetriebenes neuronales Netz (engl. Feedforward Neural Network, FNN) mit einer linearen Ausgabeschicht und mindestens einer versteckten Schicht unter gewissen Annahmen bezüglich der zu verwenden Aktivierungsfunktion jede beliebige Funktion mit beliebig kleinem Fehlerbetrag approximieren.

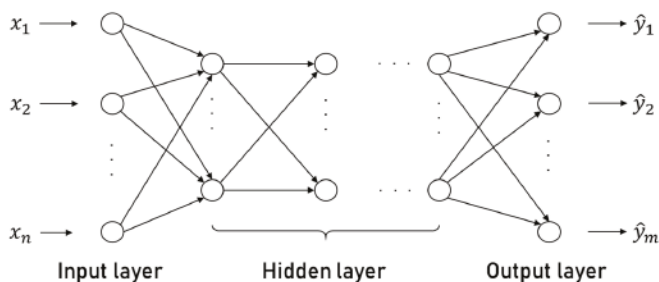


Abb. 1: Prinzipdarstellung eines „tiefen“ neuronalen Netzes (nach [15])

Der Wert jedes einzelnen Neurons der Ausgangsschicht (i.e. Ergebnisschicht) hängt dabei potenziell von allen Zuständen der Neuronen aller vorangehenden Schichten inklusive der Eingangsschicht ab. Die Anzahl der zu wählenden verborgenen Schichten sowie deren Größe (i.e. Anzahl von Neuronen) in Verbindung mit einer nicht-linearen Aktivierungsfunktion sind weitgehend frei wählbar und bestimmen wesentlich die Flexibilität des ANN, komplexe nicht-lineare Abbildungen zwischen Eingangs- und Ausgangsschicht zu repräsentieren. Die nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch die Berechnung des Zustandes eines Neurons aus allen Neuronen der vorherigen Schicht. Dieses Schema setzt sich für alle vorherigen Schichten entsprechend fort. Die erste verborgene Schicht wird analog aus der Eingangsschicht berechnet. Zwischen je zwei Schichten fungieren nun sogenannte Wichtungsfaktoren, welche neben einem sog. Bias und einer sog. Aktivierungsfunktion als freie Parameter des ANN zu „lernen“ sind. Bei  $k$  verborgenen Schichten mit je  $m$  Neuronen ergeben sich also maximal  $1 + 3m + (k - 1)(m^2 + m)$  Freiheitsgrade, welche die Abbildung von der Eingangs- zur Ausgangsschicht beeinflussen.

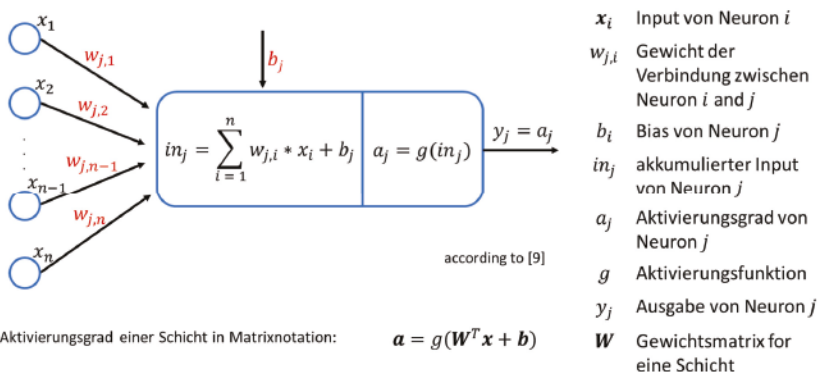


Abb. 2: Berechnung des Zustandes eines Ausgangsneurons aus den Eingangsneuronen (ohne verborgene Schichten) (nach [16])

Der wesentliche Punkt ist nun die Wahl der Freiheitsgrade (i.e. Wichtungsfaktoren, Bias-Werte, Aktivierungsfunktion(en)), so dass die Abbildung der Eingangsdaten auf die Ausgangsdaten eine Näherungslösung für eine spezifische Problemstellung entspricht. Als Beispielproblem sei



nachfolgend die Identifikation von Ziffern aus den Scans handschriftlicher Notierungen (i.e. optical character recognition, OCR) skizziert. In Abbildung 3 sehen wir unterschiedliche Beispiele von handschriftlichen Zahlendarstellungen, deren statistisch korrekte Zuordnung zu den zehn Basisziffern (0-9) einem Menschen mit rudimentärer Schulbildung relativ leichtfallen würde.



Abb. 3. Graustufencodierte scans handschriftlich notierter Ziffern<sup>1</sup>

Datentechnisch kann jedes einzelne Bild beispielsweise als eine Matrix aus Grauwerten repräsentiert werden, bei einer Bildgröße von 128x128 Pixeln lägen als Eingangswerte also 16.384 Grauwerte vor, die als Fließkommazahlen Werte zwischen 0 (schwarz) und 1 (weiß) annehmen. Unser ANN bildet also einen Eingangsvektor mit 16.384 Elementen im Extremfall auf einen einzelnen skalaren Wert (nämlich der identifizierten Ziffer) ab. Die Berechnung dieses Ausgangszustandes setzt nun voraus, dass eine konkrete Anzahl verborgener Schichten mit einer dedizierten Zahl von Neuronen und entsprechende Parametrisierungen für die Wichtungsfaktoren, Biaswerte etc. bestimmt werden. Die „beste“ Anzahl verborgener Schichten ist ebenso wie deren Größe *a priori* unklar. Für Probleme dieser Art können wenige Schichten mit einer höheren zweistelligen Anzahl von Neuronen schon sehr gute Ergebnisse liefern. Theoretisch können die Wichtungsfaktoren und Biaswerte beliebig initiiert werden.

Nachdem alle Parameter feststehen, wird die Abbildung des Eingangszustandes auf den Ausgangszustand jedoch keine statistisch signifikanten Erfolge bei der Identifikation der „richtigen“ Ziffer zeitigen. Für eine gegebene Menge an sog. Trainingsdatensätzen (für die das richtige Ergebnis der Klassifikation vorgegeben wird), kann so eine mittlere Abweichung der Vorhersage über alle Trainingsdaten quantifiziert werden. Die Abweichung wird auch als Loss-Funktion bezeichnet. Die Herausforderung besteht nun darin, die Freiheitsgrade des ANN (in der Regel Wichtungsfaktoren und Biaswerte) iterativ so zu bestimmen, dass die Loss-Funktion minimiert wird. Dazu wird über das sog. Automatische Differenzieren [6] quantifiziert, in welche Richtung sich die Freiheitsgrade individuell quantitativ ändern müssten, um die Loss-Funktion in einem gewissen Fehlermaß statistisch zu reduzieren. Diese Information fließt über die sog. Backpropagation von der letzten zur ersten verborgenen Schicht und modifiziert sukzessive alle Freiheitsgrade. Diese Optimierung wird über eine Vielzahl von Trainingsdatensätzen durchgeführt. Ein kompletter Durchlauf aller Input-Daten wird dabei jeweils als Epoche bezeichnet. Mit zunehmender Zahl an Epochen wird die Vorhersagefähigkeit für neue Testfälle statistisch zunehmen, um dann über ein Maximum ggf.

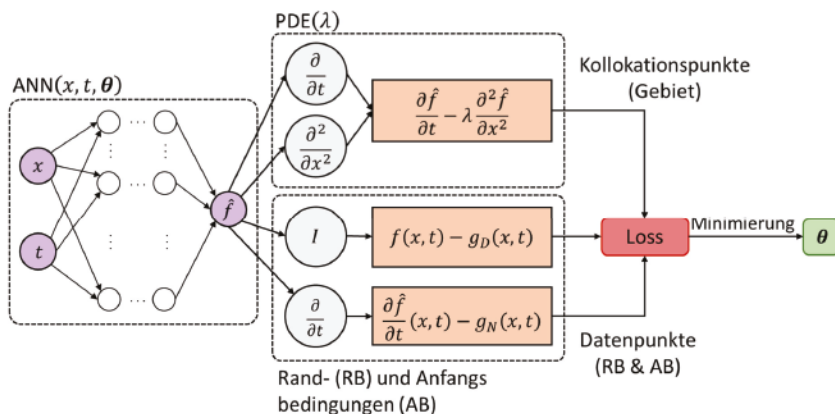
<sup>1</sup> <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html>



wieder tendenziell abzufallen. Die optimale Menge an Trainingsdaten sowie an Epochen können bisher nicht *a priori* vorhergesagt werden. Nach geeigneter Trainingsphase ist das ANN dann in der Lage, neue Datensätze mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit korrekt zu kategorisieren. Es ist jedoch anzumerken, dass ein DNN bei der Identifikation von Mustern auch vorsätzlich „in die Irre“ geführt werden kann [11], indem das Eingangssignal auf subtile Weise gestört wird, wobei diese Störung die menschliche Charakterisierung nicht notwendigerweise beeinflussen würde. Solche Artefakte sind natürlich bei fortgeschrittenen Problemstellungen der Musteridentifikation wie dem sensorbasierten autonomen Fahren von viel größerer Bedeutung als beim OCR-Prozess, da sie zu situativen Fehleinschätzungen mit großen Folgeschäden führen können.

### Physics Informed Neural Networks (PINNs)

In [3] wurde kürzlich basierend auf [4][5] ein ANN vorgestellt, das sich prinzipiell zur Berechnung von Näherungslösungen für partielle Differentialgleichungen eignet. Obwohl die Differentialgleichungen nicht notwendigerweise physikalische Systeme beschreiben müssen, hat sich in der Zwischenzeit der Begriff der *Physics informed Neural Networks* (PINNs) für diese Modelle etabliert. Ruft man sich in Erinnerung, dass ein ANN im Wesentlichen konstruiert wird, um für ein bestimmtes Problem die resultierende Loss-Funktion zu minimieren, liegt es nahe, die Loss-Funktion über ein Residuum zu definieren, welches aus dem Einsetzen der iterativ berechneten Näherungsfunktion für einen Satz von Raum- und Zeitpunkten in die Differentialgleichung resultiert. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Konzept für eine Differenzialgleichung der Form  $\frac{\partial f}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$ , welche beispielsweise eine zeitabhängige Diffusion einer Konzentration  $f$  in einer Raumdimension beschreibt.



Die in [3][4][5] vorgestellten Beispiellösungen legen nahe, dass die Lösung partieller Differenzialgleichungen mit PINNs sehr effizient sein kann. Dies gilt insbesondere, da die PINNs so konzipiert werden können, dass die Abbildung durch das FNN komplexe numerische Methoden wie z.B. Runge-Kutta-Verfahren (RK) sehr hoher Ordnung (500) zur Lösung zeitabhängiger Probleme „imitieren“ kann, nachdem sie entsprechend trainiert wurden. Die durch das FNN oder PINN imitierte Berechnungsmethode benötigt allerdings (unter





Vernachlässigung der Trainingsphase) nur einen winzigen Bruchteil der Berechnungszeit wie das ursprüngliche klassische RK-Verfahren und erzielt ausgezeichnete Genauigkeiten.

### Ausblick und Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse bei der Nutzung von tiefen neuronalen Netzen zur Lösung komplexer Probleme im Bereich des Computational Engineering stellen eine neue Klasse von Lösungsverfahren mit sehr hoher Effizienz in Aussicht. Trotzdem liegen noch keine hinreichenden Informationen zu einer abschließenden Bewertung vor. Obwohl fundamental klar ist, dass durch das *universal approximation theorem* [8][9] die grundsätzliche Mächtigkeit der Abbildungskomplexität vorhanden ist, sind noch grundsätzliche Fragen zur verlässlichen Nutzung von PINNs für komplexe Ingenieurprobleme zu klären. Dies umfasst zum einen die Frage, wie quantitativ die zu erzielende Genauigkeit einer PINN-basierten Näherungslösung von der Anzahl und Größe der verborgenen Schichten (und damit auch des assoziierten Trainings- und Berechnungsaufwandes) abhängt. Hier könnten auch klassische Methodenvarianten wie raumzeitliche Adaption basierend auf *a priori* Fehlerschätzern von sample-Punkten auf PiNNs übertragen werden und zu einer signifikanten Effizienzsteigerung beitragen. Während bei Überschreitung von Stabilitätsgrenzen klassische numerische Verfahren einfach versagen, tritt ein solcher Effekt bei PiNNs nicht ein. Dies kann bei unreflektiertem Einsatz von PiNNs dazu führen, dass die erzielten Lösungen von unzureichender Qualität sind. Weiterhin können wir klassischen numerischen Verfahren wie Finiten Elementen fast ausnahmslos eine definierte Konvergenzordnung zuschreiben, die den Berechnungsaufwand in Form von Anzahl der verwendeten Freiheitsgrade mit der zu erwartenden Ergebnisqualität zu korrelieren erlaubt. Inwieweit eine solche Korrelation bei PINNs auch ein robustes Methodenattribut darstellt und von welchen Parametern sie abhängt, ist nach Kenntnis des Autors zur Zeit dieser Niederschrift noch nicht grundlegend klar. Hier ist auch anzumerken, dass die Minimierung der Loss-Funktion niemals die Erreichung des globalen Minimums garantiert, sondern nur lokale Minima gefunden werden (von denen es im Suchraum beliebig viele geben kann).

Neben der Lösung von partiellen Differenzialgleichungen im Sinne eines Vorwärts-Problems konnten Deep Learning Ansätze jedoch auch schon zur Lösung *inverser* nicht-linearer Probleme adaptiert werden (siehe z.B. [17][18][19]). Dies umfasst z.B. die Rekonstruktion physikalischer Parameter in Differenzialgleichungen aus Messdaten oder die Rekonstruktion physikalischer Felder aus komplementären Teildaten. Diese Problemklasse ist für klassische numerische Verfahren (wenn überhaupt) nur mit signifikant höherem Aufwand zugänglich. Unabhängig davon, ob PINNs mittelfristig belastbare Effizienz- und Genauigkeitsvorteile bei der Lösung von Vorwärts-Problemen zeitigen, steht schon jetzt fest, dass sie insbesondere im Bereich der inversen Probleme neue Wege im Computational Engineering zu beschreiten erlauben. Ein weiteres Forschungsfeld wird auch weiterhin die Kombination von Deep Learning und klassischen Ansätzen sein [10].

### Literatur

- [1] Bellman, R.E. *Adaptive Control Processes*. Princeton University Press, Princeton, NJ (1961)
- [2] David Anton, Sensitivitäts- und Genauigkeitsanalysen von Deep-Learning-Ansätzen zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen, Masterarbeit, IRMB, TU Braunschweig (2020)



- [3] M. Raissi, P. Perdikaris, and G. E. Karniadakis, "Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations," *J. Comput. Phys.*, vol. 378, pp. 686–707, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.10.045> (2019)
- [4] M. Raissi, P. Perdikaris and G. E. Karniadakis: Physics Informed Deep Learning (Part I): Data-driven Discovery of Nonlinear Partial Differential Equations, <https://arxiv.org/abs/1711.10561> (2017)
- [5] M. Raissi, P. Perdikaris and G. E. Karniadakis: Physics Informed Deep Learning (Part II): Data-driven Discovery of Nonlinear Partial Differential Equations, <https://arxiv.org/abs/1711.10566> (2017)
- [6] A. G. Baydin, B. A. Pearlmutter, A. A. Radul, and J. M. Siskind, "Automatic differentiation in machine learning : A survey," *JMLR*, vol. 18, pp. 1–43 (2018)
- [7] S. Wang, Y. Teng, and P. Perdikaris, "Understanding and Mitigating Gradient Pathologies in Physics-Informed Neural Networks," *arXiv Preprint*, p. 28, doi: [arXiv:2001.04536v1](https://arxiv.org/abs/2001.04536v1) [cs.LG] (2020)
- [8] G. Cybenko. Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of Control, Signals, and Systems*, 2(4):303–314 (1989)
- [9] K. Hornik, M. Stinchcombe und H. White. Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2(5):359–366 (1989)
- [10] Atsuya Oishi, Genki Yagawa, Computational mechanics enhanced by deep learning, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Volume 327, pp. 327–351, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2017.08.040> (2020)
- [11] Juyeon Heo, Sunghwan Joo, Taesup Moon, Fooling Neural Network Interpretations via Adversarial Model Manipulation, <https://arxiv.org/abs/1902.02041v3> (2019)
- [12] D. O. Hebb, *The organization of Behavior – a Neuropsychological Theory*, John Wiley & Sons (1949)
- [13] Arthur L. Samuel, Some studies in machine learning using the game of checkers, *IBM J. Res. Development*, Band 3, S. 210–229 (1959), auch in Ed Feigenbaum, Julian Feldman *Computers and Thought*, McGraw Hill (1961)
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning) (zuletzt zugänglich am 25.04.2021)
- [15] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, pp. 436–444, doi: [10.1038/nature14539](https://doi.org/10.1038/nature14539) (2015)
- [16] D. J. C. MacKay, *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*. Cambridge University Press, Version 7.2 (2005)
- [17] A. Lucas, M. Iliadis, R. Molina and A. K. Katsaggelos, "Using Deep Neural Networks for Inverse Problems in Imaging: Beyond Analytical Methods," in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 35, no. 1, pp. 20–36, Jan. 2018, doi: [10.1109/MSP.2017.2760358](https://doi.org/10.1109/MSP.2017.2760358).
- [18] M. Genzel, J. Macdonald and M. März: Solving Inverse Problems With Deep Neural Networks - Robustness Included?, <https://arxiv.org/abs/2011.04268> (2020)
- [19] H. Li, J. Schwab, S. Antholzer and M. Haltmeier, NETT: solving inverse problems with deep neural networks, <https://doi.org/10.1088/1361-6420/ab6d57> (2020)



## Russlands Rückkehr zur Autokratie Verfassung, Recht und Rechtskultur in der Ära „Putin“

OTTO LUCHTERHANDT

Fakultät für Rechtswissenschaft, Universität Hamburg

### Inhaltsübersicht

#### I. Verfassungsentwicklung

- a. Überblick
- b. Die Verfassungssituation am Ende der Ära „Jelzin“ (1999/2000)
- c. Vladimir Putins Wahlprogramm
- d. Bilanz der ersten beiden Amtszeiten (2000-2008)
  - 1. Unterwerfung der Regionen
  - 2. Unterwerfung der Parlamentskammern
  - 3. Der Hauptwendepunkt in der Ära „Putin“
- e. Die „Tandemokratie“ von Vladimir Putin und Dmitrij Medvedev (2008-2012)
- f. Präsident Putins dritte und vierte Amtszeit (2012-2018 und seitdem)
  - 1. Einschränkung der demokratischen Kommunikationsgrundrechte
  - 2. Systematische Verschärfung der Kontrolle und Zensur des Internets
  - 3. Abmilderung des Repressionskurses im Vorfeld der Winterolympiade von Sotschi (2014)
  - 4. Stabilisierung des Regimes durch die Annexion der Krim
- g. Die „Verfassungskorrekturen“ von 2020

#### II. Rechtswesen: Hauptentwicklungslinien im Verwaltungs-, im Straf- und im Zivil- und Wirtschaftsrecht

- a. Allgemeine Einschätzung im Überblick
- b. Verwaltungsrecht und Verwaltungsprozessrecht
- c. Straf- und Strafprozessrecht sowie Ordnungswidrigkeitenrecht
- d. Zivil- und Wirtschaftsrecht

#### III. Rechtskultur – historische Wurzeln und heutiges Profil

- a. Rechtsnihilismus – morastiger Untergrund der Rechtskultur Russlands und seine Wurzeln in Zarenreich und Sowjetstaat
- b. Ungeschriebene Prinzipien der sowjetischen Rechtskultur
- c. Einige typische Kennzeichen der heutigen Rechtskultur Russlands
  - 1. Vorbemerkung
  - 2. Eigentümlichkeiten in der Rechtsetzung (Gesetzgebung)
  - 3. Eigentümlichkeiten der Rechtsanwendung (Gerichte; Verwaltungsbehörden usw.)
  - d. Prominente Fälle von Rechtsnihilismus unter dem Putin-Regime
    - 1. Putin als parteiloser Parteidiktator an der Spitze der Kremlpartei „Edinaja Rossija“ (2008)
    - 2. Die Strafverfahren gegen Chodorkovskij und Lebedev (2005; 2010)
    - 3. Aktionen gegen den „Blogger“ und politischen Oppositionellen Aleksej Naval'nyj
- aa. Der Strafprozess wegen „KirovLes“ (2012/2013)



- bb. Der Strafprozess wegen „Yves Rocher Vostok“ (2013/2014)
- cc. Die Vergiftung Naval'nyjs und die Entscheidung des Gerichts des Simon-Stadtbezirks Moskaus vom 2. Februar 2021
- dd. Präsident Putin – verantwortlich für die Vergiftung Naval'nyjs

#### IV. Schluss: Das Putin-Regime – ein „Doppelstaat“ (Ernst Fraenkel)

- a. Putins „Verfassungskorrekturen“ – ein Verfassungsbruch
- b. Putins Verfassungscoup – Etablierung eines „Doppelstaats“
- c. Das Verfahren der Verfassungsänderung – der „Maßnahmenstaat“ in Aktion
- d. Die Abrundung des autokratischen Regimes: Das Staatsratsgesetz vom 8. Dezember 2020

#### V. Ausblick:

##### I. Verfassungsentwicklung

##### a. Überblick

Die Russländische Sozialistische Föderative Sowjetrepublik (RSFSR), Kern und größte Teilrepublik der Sowjetunion seit ihrer Gründung im Dezember 1922, trat mit ihrer Souveränitätserklärung vom 12. Juni 1990 aus dem Schatten der UdSSR heraus. Bis zum Dezember 1991 stieg sie schrittweise zu einem unabhängigen Staat und Völkerrechtssubjekt auf. 1992 benannte die RSFSR sich in „Russländische Föderation – Russland“ um. In den verfloßenen 30 Jahren bis in die 2000er Jahre hinein hat sie eine stürmische und insgesamt erfolgreiche Rechtsentwicklung erlebt.

Beherrschend an ihrem Anfang stand, – es war ein dreijähriger Prozess voller Dramatik, die Ausarbeitung und Verabschiedung der Verfassung vom 12. Dezember 1993, die erste in der Geschichte Russlands, die nicht nur so hieß, sondern bei aller berechtigten Kritik an ihr auch die Qualität einer Verfassung besaß!<sup>1</sup> Dies zeigte sich untrüglich daran, dass insbesondere die von der Verfassung in den „Grundlagen“ (Kap. 1) und den Grund- und Menschenrechten (Kap. 2) verkündeten Prinzipien und Normen die Entstehung und Entwicklung der postkommunistischen Rechtsordnung und Gesetzgebung Russlands von Anfang an steuernd beeinflusst haben<sup>2</sup> und dass das von der Verfassung geschaffene föderale Verfassungsgericht mit seiner Rechtsprechung die unmittelbare Geltung der Verfassung (Art. 15 Abs. 1) in ungezählten Fällen durchgesetzt hat<sup>3</sup>.

Die Steuerungskraft der Verfassung ist jedoch seit der zweiten Amtszeit Präsident Putins wegen einer immer rücksichtsloser praktizierten Verfassungsmissachtung zunehmend schwächer geworden<sup>4</sup>. Nun nähert sie sich einem Nullpunkt, denn durch die von der Präsidialexekutive im März 2020 im Handstreich durchgesetzten Verfassungsänderungen sind die „Grundlagen der Verfassungsordnung“ weitgehend ihrer Kraft beraubt und insbesondere die Grundsätze des

<sup>1</sup> Luchterhandt, Otto: Einleitung zur Verfassung, in: Wieser, Bernd (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 1-19 (Rn. 1; 8); russ. Ausgabe: Kommentarij k Konstitucii Rossijskoj Federacii pod redakciej Bernda Vizera v 2-tomach, Tom I, Moskau 2018; S. 4 ff. Der Kommentar liefert erstmals, Artikel für Artikel, eine umfassende, kritische Würdigung des Verfassungswerkes!

<sup>2</sup> Otto Luchterhandt: „Rechtsstaat Rußland“. Beachtliche Fortschritte – schwere Defizite – ungünstige Perspektiven, in: Internationale Politik 53. Jg. (1998), S. 12-22;

<sup>3</sup> Krjažkov, V.A./Lazarev, L.V.: Verfassungsgerichtsbarkeit in der Russischen Föderation, Berlin 2001 (Vorwort: Tamara Georgievna Morščakova, Vizepräsidentin des Verfassungsgerichts Russlands).

<sup>4</sup> Siehe dazu im Überblick Luchterhandt, Otto: 25 Jahre Verfassung der Russländischen Föderation. Zehn Thesen, in: Deutsch-Russische Rechtszeitschrift (DRRZ) 3. Jg. (2018), Heft 2, S. 109-112.





Rechtsstaates, der Demokratie, des Föderalismus und des Republikanismus (Art. 1) immer weiter ausgehöhlt worden. Tiefpunkt des Niedergangs ist der in die Verfassung eingefügte Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup>, der Präsident Vladimir Putin den Besitz des Präsidentenamtes de facto auf Lebenszeit ermöglicht<sup>5</sup>, und die Rechtfertigung der Bestimmung durch ein Verfassungsgericht, das der Präsidialexekutive schon seit langem mit Ergebnisheit folgt und damit seine Wächterfunktion verliert. Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> bedeutet die Krönung des sich einer Autokratie nähernden „Putin-Regimes“. Mit dem Bekenntnis der Verfassung zu einer „republikanischen Regierungsform“ (Art. 1 Abs. 1) ist die Norm unvereinbar. Darauf ist im letzten Teil der Abhandlung zurückzukommen.

## **b. Die Verfassungssituation am Ende der Ära „Jelzin“ (1999/2000)**

Die Wurzel des Niederganges der Verfassungsentwicklung liegt schon in der föderalen Verfassung von 1993 selbst, nämlich in dem großen Übergewicht, das sie dem Präsidenten als Haupt der Exekutive gegenüber der Legislative und der Judikative einräumt<sup>6</sup>. Die Verfassung hat dem Präsidenten die politische Richtlinien Gewalt übertragen und weitere starke Befugnisse gegeben, die ihm die volle Kontrolle über das Ministerkabinett verschaffen<sup>7</sup>. Zusammen genommen machten sie den Präsidenten von Anfang an zum Chef der föderalen Exekutive. Nicht unterstellt waren ihm allerdings die Exekutivbehörden der Regionen („Subjekte der Föderation“), die ein Teil der von ihnen eigenständig zu bildenden Verfassungsorgane sein sollen (Art. 11 Abs. 2 Verfassung RF).

Der Präsident steuert nicht nur die Exekutive, sondern er hat von Verfassungswegen auch bedeutende Mitwirkungsrechte im Gesetzgebungsverfahren, und er verfügt über das Recht, sein Veto gegen Gesetze einzulegen, die das Parlament beschlossen hat. Das Veto hat zwar nur aufschiebende Wirkung, ist gleichwohl aber sehr stark, weil es nur mit Zwei-Drittel-Mehrheiten in der Staatsduma und im Föderationsrat überwunden werden kann. Ebenso wie der französische, aber anders als der US-amerikanische Präsident ist der Präsident Russlands darüber hinaus unter gewissen Voraussetzungen berechtigt, die Staatsduma aufzulösen und Neuwahlen anzusetzen.

Weitreichende Befugnisse verleiht die Verfassung dem Präsidenten auch gegenüber der Judikative, nämlich das Recht, alle Richter zu ernennen, mit Ausnahme der Mitglieder der obersten Gerichte. Diese darf er nur vorschlagen; gewählt werden sie vom Föderationsrat.

Das war die formelle Verfassungsrechtslage während der Ära „Jelzin“ und auch noch lange in der Ära „Putin“. Wegen der Kumulation der Prärogativen des amerikanischen und des französischen Präsidenten wurde die Stellung des russischen Präsidenten schon früh als „Superpräsidialismus“ bezeichnet<sup>8</sup>. In formeller, theoretischer Hinsicht trifft das zwar zu, tatsächlich

<sup>5</sup> Luchterhandt, Otto: Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit, in: Ost/Letter (Ostinstitut Wismar), Nr.1/2020, Teil 2, S. 1-27, in: Ost/Letter (Ostinstitut Wismar), Nr.1/2020 (April 2020). Luchterhandt, Vladimir\_Putin\_schafft\_Klarheit\_Präsident\_Russlands\_de\_facto\_auf\_Lebenszeit\_Teil\_2\_ÖL\_1\_2020.pdf (ostinstitut.de).

<sup>6</sup> Wieser, Bernd: Kommentierung des Art. 80, in: derselbe (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 827-835 (Rn. 1; 7 ff.). Die Kritik daran steht seit Mitte der 1990er Jahre im Mittelpunkt der Diskussion über eine Verfassungsrevision. Dazu mit weiteren Nachweisen: Luchterhandt, Einleitung (Anm. 1), S. 17 ff (Rn. 42f).

<sup>7</sup> Luchterhandt, Otto: Präsidialismus in den GUS-Staaten, in: Neue Regierungssysteme in Osteuropa und der GUS. Probleme der Ausbildung stabiler Machtinstitutionen, hrsg. von Luchterhandt, Otto, 2. Auflage, Berlin 2002, S. 255-371 (zu Russland: S. 300-319).

<sup>8</sup> Holmes, Stephen: Superpresidentialism and its Problems, in: East European Constitutional Review 1993/1994 (Fall/Winter), S. 123-126.



aber war die Bezeichnung weit von der realen Machtstellung Präsident Jelzins entfernt. In seiner zweiten Amtszeit war sie noch schwächer geworden. Das hatte vor allem vier Gründe: erstens verfügte Jelzin in der Staatsduma zu keinem Zeitpunkt über eine ihn unterstützende Mehrheit, vielmehr sah er sich einer reformfeindlichen Allianz aus Kommunisten und radikalen Nationalisten gegenüber; zweitens wurde der Föderationsrat von finanzstarken Regionen mit selbstbewussten Exekutivchefs an der Spitze beherrscht, namentlich Moskau, St. Petersburg, Ekaterinburg, Tatarstan, Baškortostan, Kemerovo und Jakutien/Sacha, die kraft direkter Volkswahlen über eine eigene demokratische Legitimation verfügten und Präsident Jelzin in seinen Auseinandersetzungen mit der oppositionellen Staatsduma nur um den Preis finanzieller und kompetenzieller Zugeständnisse unterstützten; drittens hatte sich Jelzins finanzschwache Präsidialadministration von einem Dutzend schwerreicher Unternehmer und Bankiers („Oligarchen“) abhängig gemacht, die nicht nur große Teile der Wirtschaft, sondern auch die wichtigsten Medien des Landes kontrollierten, und viertens war Boris Jelzin während seiner zweiten Amtszeit gesundheitlich so schwer angeschlagen, dass er die Amtsgeschäfte nur noch eingeschränkt führen konnte. Einen beträchtlichen Teil seiner Amtstätigkeit konzentrierte er längst darauf, einen loyalen Nachfolger zu finden, der ihn und seine „Familie“ gegenüber etwaigen Strafverfolgungsmaßnahmen wegen Korruption und Amtsmissbrauch schützen würde. In Vladimir Putin hat Präsident Jelzin, wie sich zeigen sollte, den richtigen Mann für die Gewährleistung der gewünschten Immunität gefunden.

### c. Vladimir Putins Wahlprogramm

Der durch den Rücktritt Präsident Jelzins am 31. Dezember 1999 kraft Art. 92 Abs. 3 der Verfassung in das Amt des geschäftsführenden föderalen Interimspräsidenten aufgestiegene Ministerpräsident Vladimir Putin hat vor den Präsidentenwahlen (26. März 2000) in einer Reihe von Grundsatzartikeln seine politischen Programm- und Zielvorstellungen dargelegt<sup>9</sup>. Man kann sie in den folgenden vier Punkten zusammenfassen: 1. Schaffung eines „starken Staates“, d.h. volle Durchsetzungsfähigkeit der vom Präsidenten geführten föderalen Exekutive gegenüber den Regionen, deren Unterordnung unter die föderalen Gesetze, auf eine kurze Formel gebracht: Wiederherstellung einer „voll funktionsfähigen Machtvertikale“; 2. Aufbau einer international wettbewerbsfähigen Marktwirtschaft unter Wahrung starker staatlicher Interventionsmöglichkeiten; 3. Stärkung der sozialen Sicherheit der ärmeren Bevölkerungsschichten; 4. Wiederherstellung der Rolle Russlands als Weltmacht und damit eng verbunden die Förderung von Patriotismus und nationalem Stolz der Bürger.

Im Rückblick auf 20 Jahre Putin-Regime kann man nicht ohne Staunen feststellen, dass die politischen Zielvorstellungen Vladimir Putins im Kern unverändert geblieben sind und sein Handeln bis hin zu den jüngsten Verfassungsänderungen von 2020 bestimmt haben<sup>10</sup>. Die im Westen damals und noch lange danach um eine Klärung bemühte Frage „Who is Mr. Putin?“ ist schon vom „geschäftsführenden Präsidenten“ Putin klar beantwortet worden!

Der Umstand, dass Vladimir Putin aus dem Lager der liberalen Reformer um das St. Petersburger Stadtoberhaupt, Anatolij Sobčak, und Boris Jelzin hervorgegangen war, nährte im westlichen Ausland anfangs allerdings vielfach die Erwartung, er werde als Präsident die Grundlagen der Verfassung achten und die Modernisierung Russlands in ihrem Geiste fördern. Das von

<sup>9</sup> Siehe Putins programmatischen Artikel „Russland an der Schwelle zum dritten Jahrtausend“, Text: *Nezavisimaja gazeta* vom 30. 12. 1999; „Offener Brief“ Putins an die Wähler Russlands, Text: *Izvestija* vom 25.2.2000; Luchterhandt, Otto: „Starker Staat“ Rußland. Putins ehrgeiziges Programm, in: *Internationale Politik* 55. Jg. (2000), Nr. 5, S. 7-14;

<sup>10</sup> Luchterhandt, Otto: Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit, in: *Ost/Letter* (Ostinstitut Wismar), Nr.1/2020, Teil 1, S. 6 ff.; Teil 2, S. 2 ff. [https://www.ostinstitut.de/de/ost\\_publicationen](https://www.ostinstitut.de/de/ost_publicationen).



Putin wiederholt zu hörende Plädoyer für die „Diktatur des Gesetzes“ wurde als Bekenntnis zum Rechtsstaat interpretiert. Das war jedoch ein Missverständnis, denn die Formel stammt aus der sowjetischen Propaganda, in der das „harte Gesetz“ (*žestkij zakon*) gleichbedeutend war mit dem obrigkeitlichen Gebot und Verbot und der Drohung mit strengen Strafen bei ihrer Übertretung<sup>11</sup>. Mit dem Gebrauch der Formel signalisierte Putin, dass mit der Missachtung föderaler Gesetze und dem Wildwuchs regionaler Gesetze Schluss sein werde. Sie drückte die Entschlossenheit aus, die von den föderalen Organen getroffenen Regelungen gegen alle Widerstände, notfalls auch mit Gewalt, durchzusetzen.

## **d. Bilanz der ersten beiden Amtszeiten (2000–2008)**

### **1. Unterwerfung der Regionen**

Es ist eine paradoxe Tatsache, dass Präsident Putin in seinen ersten beiden Amtszeiten das politische System Russlands fundamental umgestaltet hat, ohne einen einzigen Buchstaben der Verfassung ändern zu lassen! In rechtlicher Hinsicht wurde das dadurch möglich, dass die Verfassung viele staatsrechtliche Regelungen nicht selbst getroffen, sondern dem föderalen Gesetzgeber überlassen hat. In politischer Hinsicht konnte Präsident Putin das erreichen, weil er von Anfang an in der gesetzgebenden Kammer der Föderalversammlung, also in der Staatsduma, von einer Mehrheit der 450 Abgeordneten unterstützt wurde, die sich als „Partei Putins“ verstanden und zum Nucleus der bald darauf entstehenden Partei „Edinaja Rossija“, einer neuen „Partei der Macht“, wurden<sup>12</sup>. Eine solche parlamentarische Machtbasis hatte Präsident Jelzin zu keiner Zeit besessen! Mit ihr im Rücken verfolgte Putin nun ohne Zögern und mit großer Entschlossenheit das Ziel, die strategische Kontrolle der Präsidialexekutive über die „Macht“ (*vlast*) im Staate zu gewinnen. Das geschah in drei Richtungen: erstens gegenüber den Regionen, zweitens gegenüber dem Parlament und drittens gegenüber den „Oligarchen“. Da letztere die neu entstandene Medienlandschaft Russlands beherrschten, war in diese Stoßrichtung auch die Kontrolle über die bedeutendsten Medien des Landes eingeschlossen<sup>13</sup>.

Durch ein Bündel von Gesetzen sind die Exekutivchefs der Regionen in nur wenigen Monaten in die Hierarchie der Präsidialexekutive eingegliedert worden<sup>14</sup>: 1. Schon eine Woche nach seiner Amtseinführung (7. Mai 2000) fasste Präsident Putin per Dekret (*ukaz*) die 89 Regionen Russlands in sieben (7) „Föderale Bezirke“, deckungsgleich mit den Wehrbezirken, zusammen und setzte an ihre Spitze ihm direkt unterstellte, aus den Sicherheitsorganen stammende „Bevollmächtigte“, mit der Funktion, die Einhaltung des föderalen Rechts durch die Regionen scharf zu kontrollieren<sup>15</sup>. 2. Im Juli 2000 erhielt die Präsidialexekutive erstmals Hebel in die Hand, gegen föderales Recht verstoßende regionale Exekutivchefs vom Amt zu suspendieren

<sup>11</sup> Luchterhandt, Otto: Ein starker Staat und Patriotismus sollen es bringen. Wladimir Putins Reformkonzept zur Modernisierung der Russländischen Föderation, in: FAZ vom 20. 4. 2000, S. 8.

<sup>12</sup> Ivanov, Vitalij: Partija Putina. Istorijska „Edinoj Rossii“ [Die Partei Putins. Die Geschichte von „Einiges Russland“], Moskau 2008, S. 53 ff.

<sup>13</sup> Auf die – weitgehend gelungene – Kontrolle und Gleichschaltung der Medien kann hier nicht näher eingegangen werden. Siehe dazu den Überblick von Mommßen, Margareta: Das Verhältnis von Macht und Medien in der Russischen Föderation, in: Nussberger, Angelika/Schmidt, Carmen (Hrsg.): Medienrecht und Meinungsfreiheit in Russland, Berlin 2005, S. 115–127, und die Detailanalyse von Gladkov, Sabine Alexandra: Macht und Ohnmacht der „Vierten Gewalt“. Die Rolle der Massenmedien im russischen Transformationsprozeß, Hamburg 2002, S. 176 ff; 218 ff.

<sup>14</sup> Zum Folgenden Luchterhandt, Otto: Der Ausbau der föderalen Vertikale unter Putin: Das Ende der Dezentralisierung? in: Brunner, Georg (Hrsg.): Der russische Föderalismus. Bilanz eines Jahrzehnts, Münster 2004, S. 241–279.

<sup>15</sup> Dekret (*ukaz*) vom 13.5.2000 über den bevollmächtigten Vertreter des Präsidenten der Russländischen Föderation im Föderalen Bezirk, Text: *Sobranie Zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii* [SZRF; Gesetzessammlung der RF] 2000, Nr. 20, Pos. 2112.





und unter Umständen abzusetzen sowie Regionalparlamente aufzulösen und Neuwahlen zu erwirken<sup>16</sup>. 3. Im August 2000 wurde der Föderationsrat einschneidend geschwächt, indem die regionalen Exekutivchefs aus ihm verbannt und durch farblose regionale Vertreter ersetzt wurden<sup>17</sup>. Als Trost für den damit verbundenen Machtverlust berief der Präsident die Exekutivchefs in einen bei ihm gebildeten „Staatsrat“, ein Konsultationsorgan ohne Machtbefugnisse<sup>18</sup>. 4. Unter Ausnutzung des landesweiten Entsetzens über die blutige Geiselnahme in der Schule von Beslan im Nordkaukasus (1.9.2004) setzte Putin im Dezember 2004<sup>19</sup> durch, die Direktwahl der regionalen Exekutivchefs abzuschaffen und stattdessen ihre Ernennung durch den föderalen Präsidenten einzuführen. Er machte sie damit de facto zu seinen Untergebenen<sup>20</sup>.

## 2. Unterwerfung der Parlamentskammern

Da die Hälfte der Mitglieder des Föderationsrates, also der ersten Kammer des föderalen Parlaments, Vertreter der regionalen Exekutivorgane sein mussten (Art. 95 Abs. 2 Verfassung RF), gab die Unterwerfung der regionalen Exekutivchefs unter die Präsidialexekutive Präsident Putin den entscheidenden Hebel in die Hand, auch den Föderationsrat unter seine Kontrolle zu bekommen. Mehr als das: Indem die Kreml-Partei „Edinaja Rossija“ in immer mehr Regionalparlamenten die Mehrheit erlangte, verfügte die Präsidialexekutive im Föderationsrat bald über die verfassungsändernde Drei-Viertel-Mehrheit (Art. 136 i. V. m. Art. 108 Abs. 2).

Ihre Kontrolle über die Staatsduma konnte die Präsidialexekutive durch Änderungen des Parteienrechts und des Wahlrechts schon bis zum Ende der ersten Amtszeit Putins ausbauen. Das Parteiengesetz vom Juli 2001<sup>21</sup> richtete hohe Hürden vor der Zulassung politischer Parteien auf. Durch willkürliche Handhabung des Registrierverfahrens wurden sie für oppositionelle Parteien jetzt nahezu unüberwindlich. Das war auch eines der Ziele der Wahlrechtsänderungen von 2002 und 2005: Eingeführt wurde ein reines Verhältniswahlrecht mit Parteilisten, und die Sperrklausel von 5 auf 7% angehoben. An den Wahlen durften nur noch in ganz Russland organisierte Parteien teilnehmen. Die von Präsident Putin angestrebte politische Wirkung der Maßnahmen trat sofort ein: seit dem Ende seiner ersten Amtszeit (2003) sind in der Staatsduma nur noch vier Parteien vertreten. In der Regel folgen sie loyal dem politischen Kurs des Präsidenten. Seit dem Ende der zweiten Amtszeit verfügt die Präsidialexekutive in beiden Parlamentskammern über verfassungsändernde Mehrheiten<sup>22</sup>. Die Überordnung des Präsidenten haben beide Kammern sogar förmlich anerkannt, indem sie seine jährlichen „Botschaften“ an das Parlament (Art. 84 lit. f der Verfassung RF) als verbindliche und zügig zu erfüllende Aufträge behandeln.

Es ist nicht ohne Ironie: Vladimir Putins Spionagetätigkeit in Dresden scheint eine nachhaltige Wirkung auf seine Vorstellung von einem „vorbildlichen“ Regierungssystem ausgeübt zu haben: Denn strukturell besitzt das Putin-Regime seit dem Ende der zweiten Amtszeit (2007) bis heute (!) eine unverkennbare Ähnlichkeit mit dem „sozialistischen Mehrparteiensystem“ der

<sup>16</sup> Änderung und Ergänzung des föderalen Gesetzes über die allgemeinen Prinzipien der Organisation der Legislativ- (Repräsentativ-) und Exekutivorgane der Staatsgewalt der Russländischen Föderation vom 29.7.2000, Text: SZRF 2000, Nr. 31, Pos. 3205 (Art. 291).

<sup>17</sup> Gesetz vom 5.8.2000, Text: SZRF 2000, Nr. 32, Pos. 3336.

<sup>18</sup> Dekret (ukaz) vom 1.9. 2000, Text: SZRF 2000, Nr. 36, Pos. 3633.

<sup>19</sup> Gesetz vom 13.12.2004, Text: SZRF 2004, Nr. 50, Pos. 4950; Luchterhandt, Otto: Putins Perestrojka: Unitarisches Rußland statt Rußländische Föderation, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 47. Jg. (2005), S. 94-105.

<sup>20</sup> Im einzelnen Luchterhandt, Putins Perestrojka, a.a.O.

<sup>21</sup> Gesetz über die politischen Parteien vom 16.7.2001, Text: SZRF 2001, Nr. 29, Pos. 2950.

<sup>22</sup> Mommsen, Margareta: Das politische System Russlands, in: Ismayr, Wolfgang (Hrsg.): Die politischen Systeme Osteuropas, 3. Auflage, Wiesbaden 2010, S. 419-478 (439 f.).





DDR, dessen Kennzeichen die Suprematie einer Staatspartei und die Existenz von „Blockparteien“ gewesen ist, die die Führung der SED förmlich anerkannt hatten.

### 3. Der Hauptwendepunkt in der Ära „Putin“

Als wichtigste politische Zäsur und damit als Wendepunkt in der Ära „Putin“ kann man zwei Vorgänge ansehen, die sich schon zu Beginn der zweiten Amtszeit ereigneten und in die gleiche Zeit fielen, aber in keinerlei Verbindung miteinander standen: erstens der (erste) Strafprozess gegen Michail Chodorkovskij und Platon Lebedev, die beiden Hauptgeber und Spitzenmanager des YUKOS-Konzerns, und dessen Verstaatlichung (2004/2005)<sup>23</sup> sowie zweitens die schon erwähnte Abschaffung der Volkswahl der Exekutivchefs der Regionen Russlands und ihre völlige Unterordnung unter den föderalen Präsidenten nach der Geiselnahme in der Schule von Beslan/Nord-Ossetien (Dezember 2004)<sup>24</sup>.

Der YUKOS-Prozess bedeutete die endgültige Unterwerfung der „Oligarchen“ des Big Business unter die Präsidialexekutive. Er hat aber vor allem deswegen herausragende Bedeutung, weil die von Michail Chodorkovskij geführten Unternehmen und Organisationen ein autonomes, gesellschaftliches Machtzentrum waren, das in Distanz zum Putin-Regime stand, politische Oppositionsgruppen unterstützte und sich dem Präsidenten nicht unterwerfen wollte<sup>25</sup>.

Die Unterwerfung der „Oligarchen“ wurde flankiert durch die Gleichschaltung der Zivilgesellschaft. Sie erfolgte 2005/2006 in zweierlei Hinsicht<sup>26</sup>: erstens durch die Gründung einer föderalen „Gesellschaftskammer“, deren Mitglieder vom Präsidenten berufen wurden und als zusätzliches Kontrollinstrument der Präsidialexekutive konzipiert war<sup>27</sup>, und zweitens durch die Novellierung der aus der „Jelzin-Ära“ stammenden NGO-Gesetze, die nun mit scharfer restriktiver und repressiver Tendenz und im Geiste administrativer Reglementierung umgestaltet wurden<sup>28</sup>. Beide Maßnahmen hatte Präsident Putin unmittelbar nach der blutigen Geiselnahme von Beslan mit der Notwendigkeit gerechtfertigt, den Terror zu bekämpfen<sup>29</sup>. Die NGO-Gesetzgebung ist seither laufend, nun auch zur Bekämpfung von „Extremismus“ und zur Unterbindung von Einflussnahmen aus dem Ausland, verschärft worden.

Der andere Vorgang, die vom Verfassungsgericht für rechtens erklärte<sup>30</sup> Unterordnung der einst mächtigen Exekutivchefs der Regionen Russlands durch die Präsidialexekutive, markiert definitiv das Ende der von der föderalen Verfassung garantierten Verfassungsautonomie der

<sup>23</sup> Luchterhandt, Otto: Rechtsnihilismus in Aktion. Der Jukos-Chodorkovskij-Prozess in Moskau, in: Osteuropa 54. Jg. (2005), Nr. 7, S. 7-37. Von der Öffentlichkeit kaum zur Kenntnis genommen und ohne Widerstand hingenommen, hatte Präsident Putin im März 2003 die Machtstellung des Inlandsgeheimdienstes FSB durch die Eingliederung der Grenztruppen und des Föderalen Dienstes der Regierungskommunikation (FAPS) der Bedeutung des KGB, seines einstigen Arbeitgebers, stark angenähert. Wehner, Markus: Putin stärkt den Geheimdienst, in: FAZ v. 15.3.2003, S. 6; Straffung der russischen Sicherheitsdienste, in: NZZ v. 14.3.2003, S. 5 (win); Spitzer, Patrick: Die Nachrichtendienste Deutschlands und die Geheimdienste Russlands – ein Vergleich, Berlin 2011, S. 208 f.

<sup>24</sup> Luchterhandt, Putins Perestrojka (Anm. 19);

<sup>25</sup> Kryschtanowskaya, Olga: Anatomie der russischen Elite. Militarisierung Russlands unter Putin, Köln 2005, S. 171–228. Luchterhandt, Otto: Der YUKOS-Prozess gegen Michail Chodorkovskij (2003–2005; 2009–2010), in: Stiftung Kurt Groenewold/Alexander Ignor/Arnd Koch (Hrsg.): Lexikon der Politischen Strafprozesse (Augsburg, Mai 2018), S. 1-24.

<sup>26</sup> Umfassend dazu Luchterhandt, Otto: Auf dem Wege zur Gleichschaltung der Zivilgesellschaft. Die Gesellschaftskammer Russlands, in: SWP-Diskussionspapiere (Berlin) Nr. FG 5, 2006/04 (Mai).

<sup>27</sup> Gesetz vom 4.4.2005: SZRF 2005, Nr. 15, Pos. 1277.

<sup>28</sup> Gesetz vom 10.1.2006: SZRF 2006, Nr. 3, Pos. 282.

<sup>29</sup> Dekret des Präsidenten vom 13. 9. 2004: SZRF 2004, Nr. 38, Pos. 3779.

<sup>30</sup> Luchterhandt, Otto: Die Ernennung der regionalen Exekutivchefs durch den Präsidenten Russlands auf dem Prüfstand des föderalen Verfassungsgerichts, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 49. Jg. (2007), Heft 1-2, S. 18-47 (mit Dokumentation der Entscheidung).



„Subjekte der Russländischen Föderation“ (Art. 11 Abs. 2; Art. 77 Abs. 1 Verfassung RF) im Verhältnis zur Föderation als dem Zentralstaat. Abseits öffentlicher Wahrnehmung, dafür aber umso wirksamer ist die Autonomie der Regionen im Übrigen durch das Anfang Oktober 1999 erlassene „Gesetz über die allgemeinen Grundsätze der Organisation der Legislativ-(Vertretungs-) und der Exekutivorgane der Subjekte der Russländischen Föderation“ systematisch beseitigt worden<sup>31</sup>. Bis zum 1. April 2020 wurde es nicht weniger als 174-mal geändert! Zu den anfänglich 31 Artikeln kamen 29 hinzu. Die zahlenmäßige Verdoppelung der Vorschriften lässt indes nur erahnen, wie weitreichend und detailversessen das Gesetz die Rechtsverhältnisse in den Regionen Russlands durchreglementiert hat. Es hat sich dabei, im Widerspruch zu seinem Titel, nicht auf die „Organisation“ der regionalen Legislativ- und Exekutivorgane beschränkt, sondern auch deren Tätigkeiten geregelt. Durch diese verfassungsrechtlich nicht gedeckte Erweiterung des Regelungsgegenstandes ist der Umfang des Gesetzes verdreifacht worden! Mehrere Kapitel haben den Umfang von Spezialgesetzen angenommen. Manche Vorschriften erstrecken sich über mehrere Seiten und sind mit Dutzenden von Absätzen und Unterabsätzen vom Gesetzgeber, sei es aus Unfähigkeit oder absichtsvoll, in einen selbst für erfahrene Juristen kaum noch verständlichen „Normendschunzel“ verwandelt worden. Obwohl die Detailliertheit des Gesetzes seinem Titel Hohn spricht und offenkundig verfassungswidrig ist, ist das Verfassungsgericht Russlands der vom Gesetzgeber hemmungslos betriebenen Gleichschaltung der Regionen Russlands durch die Zentralregierung nicht entgegengetreten.

So ist zu konstatieren: In nur fünf Jahren nach seinem Regierungsantritt haben Vladimir Putin und seine Anhänger die „Russländische Föderation“ in ein straff zentralisiertes, unitarisches Staatswesen umgewandelt und damit das realisiert, was Putin zu Beginn seiner Amtsausübung als Bild eines „starken Staates“ vorschwebte<sup>32</sup>. Es wundert daher nicht, dass Putin seither die zentralistisch-hierarchischen Elemente seines Regimes nicht zurückgenommen oder wenigstens abgeschwächt, sondern sie im Gegenteil noch erweitert und verstärkt hat.

#### e. Die „Tandemokratie“ von Vladimir Putin und Dmitrij Medvedev (2008-2012)

Die seit Boris Jelzin eingehaltene Regel, dass die machtpolitisch bedeutenden Felder der Außen- und Sicherheitspolitik sowie der Innen- und Finanzpolitik Domänen des Präsidenten sind, der Ministerpräsident sich hingegen um Wirtschaft, Soziales, Gesundheit, Bildung usw. zu kümmern hat, war in der Tandemdemokratie offensichtlich außer Kraft gesetzt<sup>33</sup>. Das zeigte sich besonders auffällig während des Georgienkrieges im August 2008, von dessen Ausbruch Putin in Peking bei der Eröffnung der Olympischen Sommerspiele überrascht wurde. Er flog sofort in den Nordkaukasus, und erst jetzt kam die russische Gegenoffensive in Fahrt. Obwohl Medvedev als Präsident Oberkommandierender der Streitkräfte war, trat er in dieser Funktion nicht in Erscheinung.

<sup>31</sup> Gesetz vom 6.10.1999, Quelle: SZRF 1999, Nr. 42, Pos. 5005. Das Gesetz war heftig umstritten, weil es bereits in seiner ursprünglichen Form einen ersten, weil verfassungswidrigen Angriff auf die Verfassungsautonomie der Regionen bedeutete. Es ging offenkundig über die Ermächtigungsnorm des Art. 72 Abs. 1 Buchstabe m) der föderalen Verfassung hinaus. Seine Verabschiedung fällt bereits in die Zeit, als Vladimir Putin Ministerpräsident Russlands war. Ausführlich dazu Luchterhandt, Otto: Kommentierung von Art. 72, in: Wieser, Bernd (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 745 ff. (Rn. 94 ff.) mit weiteren Nachweisen.

<sup>32</sup> Luchterhandt, Otto: Putins Perestrojka: Unitarisches Rußland statt Rußländische Föderation, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 47. Jg. (2005), S. 94-105; Luchterhandt, Otto: Der Zustand der Rechtsstaatlichkeit in Russland zu Beginn der Doppelherrschaft Putin-Medvedev, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 49. Jg. (2007), S. 525-539.

<sup>33</sup> Luchterhandt, Otto: Russlands „Tandemokratie“ unter Putin und Medvedev: Co-Habitation oder Provisorium? in: Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG), Band LXIII, Braunschweig 2011, S. 167 – 208).



Vor allem machtpolitisch weniger wichtige, stark juristisch geprägte Politikbereiche hat Medvedev als seine Domäne betrachtet, insbesondere die Rechtspolitik auf den Gebieten des Zivil- und Wirtschaftsrechts, des Verwaltungsrechts und der Justiz sowie die Korruptionsbekämpfung, für deren Intensivierung er sich besonders einsetzte<sup>34</sup>.

In der Außen- und Außenwirtschaftspolitik pflegten Putin und Medvedev eine gewisse Arbeitsteilung. Während Medvedev die üblichen Repräsentationsaufgaben des Staatsoberhauptes in den internationalen Beziehungen erfüllte, konzentrierte sich Putin auf die Außenwirtschaftspolitik und insbesondere die Energiepolitik<sup>35</sup>. Sichtlich vermieden es die „Tandemokraten“ gemeinsam im Ausland aufzutreten.

In der Wirtschafts- und Technologiepolitik hatten Putin und Medvedev noch vor dem Amtswechsel in programmatischen Reden unterschiedliche Akzente gesetzt. Putin hat es dabei Medvedev überlassen, von den politischen Parteien, Unternehmen und Bürgern große Anstrengungen zur Modernisierung des Landes zu fordern. Dementsprechend hat Medvedev das von Präsident Putin verkündete Modernisierungsprogramm „Russland 2020“ in seiner „Wahlkampf-Rede“ am 15. Februar 2008 im sibirischen Krasnojarsk einprägsam auf die vier Schlagworte „Innovation“, „Infrastruktur“, „Investitionen“ und „Informierung“ gebracht<sup>36</sup>. In seinen öffentlichen Auftritten als Präsident hat er dann immer wieder die Bedeutung des Internets und der Entwicklung moderner Informationstechnologien für die erfolgreiche Umstellung der Wirtschaft des Landes vom Rohstoffexport auf intelligente Produkte hervorgehoben, die auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig seien.

Damit zeigte sich ein gewisses Muster der Arbeitsteilung der Tandemokraten: das Ziel, die Stärkung Russlands durch Modernisierung, vertraten beide, ihre Vorstellungen über die Wege und die Geschwindigkeit dorthin waren jedoch verschieden: Putin betonte stärker die Wahrung gesellschaftlicher und politischer Stabilität, die durch eine souveräne zentralstaatliche Macht zu gewährleisten sei. Demokratische, rechtsstaatliche und zivilgesellschaftliche Prinzipien spielten in seinem Modernisierungskonzept lediglich eine marginale Rolle. Medvedev war dagegen erheblich aufgeschlossener, auch liberale Ideen in die Modernisierungsstrategie einzu-beziehen<sup>37</sup>, ja er hatte anfänglich sogar die Vision, in der russischen Gesellschaft und Wirtschaft individuelle Freiheit, Innovation und schöpferische Phantasie freizusetzen. In seinem programmatischen Artikel „Russland nach vorn!“ (Rossija Vperëd) schrieb er 2009<sup>38</sup>: „Die Verbreitung der heutigen Informationstechnologien, die wir auf jede Weise fördern werden, gibt präzedenzlose Möglichkeiten für die Realisierung solcher fundamentaler politischer Freiheiten wie die Freiheit des Wortes und der Versammlungen... Die Gesellschaft wird offen und transparent wie nie zuvor. Selbst wenn das der herrschenden Klasse nicht gefällt.“ Das waren beinahe revolutionäre Töne, die in einem fast schon bizarr zu nennendem Gegensatz zu den Realien des Putin-Regimes der nun zu Ende gehenden zweiten Amtszeit des Präsidenten standen!

Diese Gegensätze traten im Laufe der Tandemokratie immer schärfer zu Tage. Denn die von Präsident Medvedev sogar auf recht politischem Gebiet getroffenen Entscheidungen lassen die

<sup>34</sup> Luchterhandt, Der Zustand der Rechtsstaatlichkeit in Russland (Anm. 32).

<sup>35</sup> Das gilt namentlich für die Pipelineprojekte für Gas aus der Barentssee nach Greifswald („Nordstream“) und für die Leitung vom Nordkaukasus durch das Schwarze Meer nach Bulgarien („Southstream“), die nach russischer Vorstellung das „Nabucco-Projekt“ der EU verhindern bzw. de facto ersetzen soll.

<sup>36</sup> Quelle: Glazyčev, V./Pavlovskij, G. (Red.): Rossija 2020. Glavnye zadatci razvitiia strany [Russland 2020. Hauptaufgaben der Entwicklung des Landes], Moskau 2008, S. 44 ff.

<sup>37</sup> Dafür sprechen zumindest seine lauten Bekenntnisse zu Freiheit, politischem Wettbewerb zwischen starken Parteien, Zivilgesellschaft.

<sup>38</sup> Artikel vom 10.9.2009, Quelle: <http://kremlin.ru/transcripts/5413>; <https://aif.ru/politics/world/13438>.





harte Handschrift Putins erkennen! Nur gelegentlich konnte Medvedev liberale Positionen zur Geltung bringen.

Ausgerechnet die erste Verfassungsänderung seit 1993, die Ende 2009 erfolgte, stand im klaren Widerspruch zu Medvedevs Rhetorik. Denn die beschlossene Verlängerung der Amtszeit des Präsidenten von 4 auf 6 Jahre und der Legislaturperiode der Staatsduma von 4 auf 5 Jahre, die ab 2011 zur Wirkung kommen sollte, bedeuteten eine Stärkung der Präsidialexekutive und der die Duma völlig beherrschenden Putin-Partei „Edinaja Rossija“<sup>39</sup>. Das schwächte nachhaltig Demokratie und Gewaltenteilung! Die leichte Abmilderung der 7%-Sperrklausel bei den Dumawahlen, dahingehend, dass mehr als 5% der Stimmen erreichende Parteien 1 bis 2 Sitze in der Duma (und in den Regionalparlamenten) erhalten sollten und dass sonstige kleine Parteien wenigstens einmal im Jahr im Plenum der Duma ihre politischen Vorstellungen und Kritik sollten vortragen können, war allzu offenkundig nur politische Kosmetik.

Einen eher noch kräftigeren Kratzer an seinem Image als - angeblicher - Anwalt einer starken, unabhängigen Justiz hat Medvedev durch seine Unterschriften unter die Novellen zum Verfassungsgerichtsgesetz Russlands vom 2. Juni 2009<sup>40</sup> und vom 3. November 2010 bekommen<sup>41</sup>. Das Änderungsgesetz nahm an der Struktur und der Arbeitsweise des Gerichts einschneidende Veränderungen vor, die aus rechtsstaatlicher und demokratischer Sicht eine massive Schwächung der Verfassungsgerichtsbarkeit bewirken mussten. Erstens wurde die Altersgrenze des Verfassungsgerichtspräsidenten – im Unterschied zu allen anderen Verfassungsrichtern – aufgehoben. Dadurch erhielt er ein starkes Übergewicht gegenüber den einfachen Verfassungsrichtern mit Auswirkungen auch auf die Rechtsprechung. Das widersprach dem Prinzip der Gleichheit der Richter. Zweitens schaffte das Gesetz die Senate des Verfassungsgerichts ersatzlos ab. Das Gericht sollte nur noch als Plenum verhandeln und entscheiden. Dadurch wurden zwangsläufig die Wirksamkeit des Gerichts sowie der Umfang und die Schnelligkeit der Fallbearbeitung und der Geschäftserledigung, also sein „Ausstoß“, nachhaltig verringert. Auf die Autorität des Verfassungsgerichts, sein Ansehen in der Öffentlichkeit und bei den Bürgern konnte sich das nur nachteilig auswirken. Drittens erleichterte das Gesetz es dem Föderationsrat, Disziplinarverfahren gegen die Verfassungsrichter einzuleiten. Dadurch wurde ihre Unabhängigkeit und infolgedessen auch das Prinzip der Gewaltenteilung geschwächt<sup>42</sup>.

Die Grenzen, die Präsident Medvedev gegenüber Ministerpräsident Putin gezogen waren, traten besonders auffällig zutage, als die Staatsduma am 16. Juli 2010 gegen den scharfen Protest der parlamentarischen und außerparlamentarischen Opposition das Gesetz über den Föderalen Sicherheitsdienst Russlands (FSB) einschneidend verschärfte. Die Hoffnung, Präsident Medvedev werde sein (suspensives) Veto gegen das Gesetz einlegen, erfüllte sich nicht. Im Gegenteil: Medvedev erklärte, dass er den Gesetzesentwurf in die Duma eingebracht habe, weil er „zur Vervollkommenheit“ der Kompetenzen des FSB erforderlich sei<sup>43</sup>. Die Vorsitzende des

<sup>39</sup> Änderung des Art. 81 der Verfassung RF durch Föderales Verfassungsgesetz vom 30.12.2008 (Nr. 6 FKS), Quelle: SZRF 2009, Nr. 1, Pos. 1; <https://ruls.ru/laws/Zakon-RF-o-popravke-k-Konstitutsii-RF-ot-30.12.2008-N-6-FKZ>.

<sup>40</sup> Änderung des Art. 23 des Föderalen Verfassungsgesetzes über das Verfassungsgericht RF Quelle: SZRF 2009, Nr. 23, Pos. 2754.

<sup>41</sup> Text: SZRF 2010, Nr. 45, Pos. 5742; Safoklov, Yurij: Die neuen Regeln der Ernennung des russischen Verfassungsgerichtspräsidenten, in: Osteuropa Recht 2010, S. 303 ff.

<sup>42</sup> Kritisch zu der Novelle Samarina, Aleksandra: Zor'kin porabotael na vybory 2012 [Zor'kin arbeitet noch bis zu den Wahlen 2012], in: Nezavisimaja gazeta vom 19.10. 2010, S. 1/3. (Zor'kin ist der Vorsitzende des Verfassungsgerichts Russlands.).

<sup>43</sup> Ackeret, Markus: Mehr macht für den russischen Geheimdienst, in: Neue Zürcher Zeitung (NZZ) vom 19.7.2010, S. 3.





„Rates zur Förderung der Institute der Zivilgesellschaft und der Menschenrechte beim Präsidenten Russlands“, Ella Pamfilova, trat darauf aus Protest von ihrem Posten zurück<sup>44</sup>.

Letztlich reihte sich in die Kette der Misserfolge und Enttäuschungen der Öffentlichkeit über die politische Schwäche Präsident Medvedevs und die Widersprüchlichkeit seines Verhaltens auch seine eher gescheiterte Initiative zur Reform der Polizei ein<sup>45</sup>.

Zu einem Wendepunkt in der Ära „Putin“ sind die spontanen Proteste wütender Bürger gegen die massiven Fälschungen der Duma-Wahlen vom Dezember 2011, also am Ende der Präsidentschaft Dmitrij Medvedevs, nicht geworden. Sie blieben letztlich folgenlos. In den wochenlangen Massendemonstrationen schlug sich auch die Enttäuschung vieler Bürger über die Vereinbarung zwischen Putin und Medvedev vom 24. September 2011 nieder, dass Putin wieder für das Amt des Präsidenten kandidieren werde<sup>46</sup>. Die Ankündigung des Ämtertausches machte Präsident Medvedev sofort zur sprichwörtlichen lame duck. Die Präsidialadministration richtete sich sofort voll auf Vladimir Putin aus, und Medvedev konnte die von ihm eingeleiteten Vorhaben nur noch durchsetzen und abschließen, wenn sie erkennbar auch von Putin unterstützt wurden. Die Unterstützung war, wie sich im Frühjahr 2012 gezeigt hat, gering und kaum mehr als symbolisch.

Das illustriert exemplarisch die auf den ersten Blick erstaunlich erscheinende Wiedereinführung der 2004 abgeschafften Volkswahl der regionalen Exekutivchefs am 2. Mai 2012, also buchstäblich am Vorabend der Rückkehr Vladimir Putins ins Präsidentenamt<sup>47</sup>. Entscheidend für die Realisierbarkeit der Reform war die erfolgreiche Bewältigung der Kandidatenaufstellung. Sie erfolgte in einem absichtsvoll komplizierten, überaus hürdenreichen Verfahren. Es wurde von der das regionale Parlament beherrschenden politischen Partei, bei der es sich in der Regel um die Kreml-Partei „Edinaja Rossija“ handelte, und vom föderalen Präsidenten dominiert, der die Kandidaten durch „Konsultationen“ sowohl mit den vorschlagenden Parteien, als auch mit den Kandidaten selbst einer politischen Prüfung unterziehen konnte, deren Regeln er selbst bestimmte. Die solchermaßen im Vorfeld gesicherte Dominanz der Präsidialexekutive entwertete im Ergebnis den Akt der Volkswahl.

In dem Verfahren steckte im Übrigen ein Manipulationspotential, das sich ein gutes Jahr später bei der Kandidatur Aleksej Naval'nyjs für die Wahl zum Amt des Bürgermeisters von Moskau zeigen sollte<sup>48</sup>.

Über Dmitrij Medvedev Präsidentschaft liegt ein Hauch von Tragik. Er hat im Vorfeld und zu Beginn seiner Präsidentschaft mit bemerkenswerter Offenheit und hinreichender Klarheit auf die Strukturprobleme und Schwächen hingewiesen, die sich aus der Rückständigkeit der Wirtschaft des Landes ergeben. Er hat auch Wege aufgezeigt und gemahnt und dazu aufgerufen,

<sup>44</sup> Ackeret, Markus: Rückschlag für die Menschenrechtspolitik, in: NZZ vom 2.8.2010, S. 4. Nach mehrmonatiger Vakanz ernannte Medvedev am 12. Oktober den liberalen, im Lager der Opposition hochangesehenen, profiliertesten Presserechter Russlands, Michail Fedotov, als ihren Nachfolger.

<sup>45</sup> Luchterhandt, Otto: Russlands erstes Polizeigesetz: Polizeibegriff und Struktur, in: Staat, Verwaltung, Information. Festschrift für Hans Peter Bull, hrsg. von Mehde, Veith/ Ramsauer, Ulrich/ Seckelmann, Margrit, Berlin 2011, S. 237-257. Ausführlich zur Polizeireform siehe weiter unten unter II.

<sup>46</sup> Zu Entstehung und Profil der Protestbewegung umfassend Gabowitsch, Mischka: Putin kaputt!? Russlands neue Protestkultur, Berlin 2013; Lipman, Maria: Doppelte Polarisierung. Russlands gesplante Gesellschaft, in: Osteuropa 62. Jg. (2012), S. 9-22; Gel'man, Vladimir: Risse im System. Russlands Autoritarismus 2012, in: Osteuropa 62. Jg. (2012), S. 23-44; Dubin, Boris: Ende der Alternativlosigkeit. Russlands Gesellschaft im Übergang, in: Osteuropa 62. Jg. (2012), S. 85-100.

<sup>47</sup> Art. 18 Abs. 3 des föderalen Gesetzes über die allgemeinen Prinzipien der Organisation der Legislativ- (Vertretungs-) und Exekutivorgane der Staatsgewalt der Subjekte der Russländischen Föderation von 1999 in der Fassung des Gesetzes vom 2.5.2012 (SZRF 2012, Nr. 19, Pos. 2274).

<sup>48</sup> Siehe unten bei Anm. 79.



Russlands Wirtschaft von seiner Rohstofflastigkeit zu befreien und ihr ein von moderner Technologie geprägtes Profil zu geben. Es fehlte ihm jedoch die Macht, seine Reformvorstellungen auch nur ansatzweise durchzusetzen, denn seine Präsidentschaft war von Vladimir Putin von vornherein nur als ein „Transitorium“ (Luchterhandt, Januar 2010)<sup>49</sup> geplant, geboren aus seiner Verlegenheit, wegen der Verfassungsbestimmung über die Amtszeitenbegrenzung des Präsidenten (Art. 81 Abs. 3), Medvedev den Stuhl des Präsidenten vorübergehend, für eine Amtsperiode, zu überlassen. Die Reformvorstellungen Medvedevs waren, das war offenkundig, mit dem inzwischen fest etablierten Putin-Regime nicht vereinbar. Vladimir Putin aber war nicht bereit, seine Macht an Medvedev abzutreten. Ihm war klar: das hätte mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit die Zerstörung seines Regimes bedeutet.

Die in Teilen der hauptstädtischen Intelligenz und der Unternehmerschaft gehegte Hoffnung, Dmitrij Medvedev werde sich auf der Linie seiner laut verkündeten liberalen Grundüberzeugungen von Vladimir Putin emanzipieren und aus dessen Schatten heraustreten, erfüllte sich nicht.

Die zwischen die Amtszeiten Präsident Putins eingeschobene Präsidentschaft Dmitrij Medvedevs (2008–2012) stellt keinen Wendepunkt in der Ära „Putin“ dar, denn sie brachte keinen politischen Kurswechsel, sondern war kaum mehr als ein politischer Stilwandel, in dem sich vor allem die charakterliche Verschiedenheit Putins und Medvedevs widerspiegelte. Medvedev war nur ein Treuhänder Vladimir Putins auf dem Präsidentenstuhl im Kreml, eine machtlose Schachfigur in „Putins Plan“<sup>50</sup> weiterer Amtszeiten, die Putin, weit vorausschauend, irgendwie mit „2020“ als einer magischen Zahl verband<sup>51</sup>.

#### **f. Präsident Putins dritte und vierte Amtszeit (2012–2018 und seitdem)**

Kaum in das Präsidentenamt zurückgekehrt (6. Mai 2012), beantwortete Vladimir Putin die gegen sein Regime gerichtete Protestwelle des Winters 2011/2012 mit einer im postsowjetischen Russland bis dahin beispiellosen Repressionswelle<sup>52</sup>. Von dem politischen Kurs und liberalen Image seines Vorgängers setzte er sich geradezu demonstrativ ab. Die programmatischen Leitvorstellungen der vier Punkte von 1999/2000 bestimmten Putins Politik nun noch entschiedener als während seiner zweiten Amtszeit. In den folgenden Wochen wurden Maßnahmen getroffen und Gesetze erlassen, die gezielt die von der Protestbewegung in Anspruch genommenen demokratischen Grundrechte weiteren Einschränkungen unterwarfen: die Meinungsfreiheit, die Versammlungsfreiheit und die Vereinigungsfreiheit sowie die Kommunikations- und Informationsfreiheit, die vor allem in Form der „sozialen Medien“, also des Internets, von den Gruppen und Akteuren der Protestbewegung wirkungsvoll genutzt worden waren<sup>53</sup>.

<sup>49</sup> Luchterhandt, Russlands „Tandemokratie“ unter Putin und Medvedev (Anm. 33), S. 191 („Die Tandemokratie ist deswegen nur ein Transitorium für die Zeit bis zu den Präsidentschaftswahlen im März 2012.“)

<sup>50</sup> „Putins Plan“ wurde 2007 zu einem verbreiteten politischen Slogan, aber ohne greifbaren Inhalt. Siehe: [https://ru.wikipedia.org/wiki/План\\_Путина](https://ru.wikipedia.org/wiki/План_Путина). Schon bald darauf wurde es um ihn still und er fand keine Erwähnung mehr in den Verlautbarungen und Medien.

<sup>51</sup> „Über die Strategie der Entwicklung Russlands bis zum Jahre 2020“, Rede Präsident Putins am 8. Februar 2008 vor dem Staatsrat; Text: Glazyčev/Pavlovskij, *Rossija 2020* (Anm. 36).

<sup>52</sup> Eine Gesamtdarstellung der Bekämpfung und schrittweisen Erstickung der 2011/2012 aufgekommenen Protestbewegung nach Putins Rückkehr ins Präsidentenamt liegt noch nicht vor. Das kenntnisreich geschriebene Buch von Mischa Gabowitsch (Putin kaputt!? Russlands neue Protestkultur, Berlin 2013) behandelt die Gegenschläge des Regimes nicht. Die von der Zeitschrift „Osteuropa“ im 62. Jahrgang dem Thema „Auge auf! Aufbruch und Regression in Russland“ gewidmeten Hefte 6–8/ 2012 und darin veröffentlichten Aufsätze analysieren die Schwächen, inneren Widersprüche und „Spaltungen“ im Putin-Regime, verlieren darüber aber dessen Repressionspotential und -kurs aus dem Blick.

<sup>53</sup> Zu der legislativen Repressionswelle nach Putins Rückkehr ins Präsidentenamt siehe Luchterhandt, Otto: Aktuelle Probleme bei der Menschenrechtsverwirklichung in Russland, in: Fadeev, Vladimir I./Schulze, Carola (Hrsg.):



Auf die friedliche Großdemonstration gegen Putins Amtseinführung am 6. Mai 2012, die auf dem Bolotnaja Ploščad' („Sumpfplatz“), unweit vom Kreml, stattfand<sup>54</sup>, reagierten die Strafverfolgungsbehörden mit einer Welle von Festnahmen und einer Serie von fabrizierten Strafverfahren gegen Demonstranten und unbeteiligte Passanten, die die Polizei willkürlich herausgriffen hatte<sup>55</sup>. Die sich über viele Monate hinziehenden „Bolotnaja-Prozesse“ waren ein Justiz-Skandal<sup>56</sup>, der ebenso wie das „Pussy Riot-Verfahren“<sup>57</sup>, international scharfe Proteste auslöste<sup>58</sup>.

## 1. Einschränkung der demokratischen Kommunikationsgrundrechte

Der von der Präsidialexekutive instruierte Gesetzgeber begann seine Angriffe auf die demokratischen Kommunikationsgrundrechte der Verfassung (Art. 29-31).

Am 8. Juni 2012 wurde das Versammlungsgesetz von 2004 durch zusätzliche Reglementierungen verschärft und die Ausübung der Versammlungsfreiheit (Art. 31 Verfassung RF) noch mehr erschwert<sup>59</sup>. Das Gesetz setzt Organisatoren und Teilnehmer von Versammlungen einem höheren Risiko aus, wegen Ordnungswidrigkeiten mit verschärften Sanktionen verurteilt zu werden.

Dem Organisator einer Versammlung wurden noch weiter gehende Pflichten hinsichtlich der Einhaltung des Versammlungsrechts durch alle Teilnehmer aufgebürdet, sodass er für beliebige, von ihm nicht verhinderte oder nicht zu verhindernde Rechtsverletzungen persönlich zur Verantwortung gezogen werden könnte. Er wird dadurch einem Haftungsrisiko ausgesetzt, das ihn veranlassen konnte, die Organisation von Versammlungen überhaupt zu unterlassen. Das widersprach offenkundig dem freiheitlichen Geist des Art. 31 der Verfassung<sup>60</sup>.

Eine positive Überraschung war es, dass das Verfassungsgericht Russlands einige besonders repressive Bestimmungen des Gesetzes für verfassungswidrig erklärt hat<sup>61</sup>.

Das Grundrecht der Vereinigungsfreiheit (Art. 30 Verfassung RF), das bereits 2006 starken Einschränkungen unterworfen worden war, wurde am 20.7.2012 durch Novellierung der beiden Gesetze „über die nichtkommerziellen Organisationen“ und „über die gesellschaftlichen Vereinigungen“ noch weiter eingeschränkt<sup>62</sup>. Seither müssen sich russländische NGOs, die „politisch“ tätig sind und materielle Unterstützung aus dem Ausland erhalten, beim föderalen

---

Verfassungsentwicklung in Deutschland und Russland, Potsdam 2014, S. 114-138; derselbe: Missachtung der Verfassung. Eine Zwischenbilanz der Ära Putin, in: Osteuropa 70. Jg., 2020, Heft 6, S. 29-52 (40 ff).

<sup>54</sup> Eine reportageartige Darstellung der Demonstration, eingeordnet in die Analyse der gesamten Protestbewegung, liefert Gabowitsch, Putin kaputt!? (Anm. 52), S. 11-22.

<sup>55</sup> Siehe den reich dokumentierten Überblick über die Verfahren gegen Teilnehmer der Demonstration auf dem „Sumpfplatz“ wegen der Organisation von angeblichen gewaltsamen „Massenunruhen“ (Art. 212 StGB Russlands): [https://en.wikipedia.org/wiki/Bolotnaya\\_Square\\_case](https://en.wikipedia.org/wiki/Bolotnaya_Square_case).

<sup>56</sup> Luchterhandt, Aktuelle Probleme (Anm. 53), S. 132-137.

<sup>57</sup> Reznik, Genri: Eine Einlassung zum Urteil gegen Pussy Riot, in: Osteuropa 62. Jg. (2012), Hefte 6-8, S.224-228; Gabowitsch, Putin kaputt!? (Anm. 52), S. 185-194.

<sup>58</sup> Burkhardt, Fabian/Dollbaum, Jan Matti: Der Bolotnaja Prozess, in: Groenewold, Kurt/ Ignor, Alexander/Koch, Arnd (Hrsg.): Lexikon der Politischen Strafprozesse, Online, Stand: Januar 2021.

<sup>59</sup> Gesetz „über Versammlungen, Kundgebungen, Demonstrationen, Umzüge und Mahnwachen“ vom 19. 6. 2004 in der Fassung vom 8.6.2012: SZRF 2012, Nr. 24, Pos. 3082.

<sup>60</sup> Baller, Oesten: Kommentierung des Art. 31, in: Wieser, Bernd (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 297 ff (Rn. 12 f.); Luchterhandt, Otto: Fortschreitende Aushöhlung des Grundrechts der Versammlungsfreiheit gemäß Art. 31 der Verfassung Russlands, in: Nr. 54/2012 der Mitteilungen der Deutsch-Russischen Juristenvereinigung e. V. (23. Jahrgang), S. 4-22.

<sup>61</sup> Urteil vom 14.2.2013, Luchterhandt, Otto: Das Normenkontroll-Urteil des Verfassungsgerichts Russlands zum Gesetz über die Verschärfung des Versammlungs- und Demonstrationsrechts vom 8. Juni 2012, in: Mitteilungen der Deutsch-Russischen Juristenvereinigung e. V. (DRJV) Nr. 55/2013 (24. Jahrgang), S. 12-19.

<sup>62</sup> SZRF 2012, Nr. 23, Pos. 4172.





Justizministerium als „Organisationen“ registrieren lassen, „die Funktionen eines ausländischen Agenten erfüllen“<sup>63</sup>.

Als die Präsidialadministration feststellte, dass sich keine NGO als ausländischer Agent hatte registrieren lassen, erhielt die Staatsanwaltschaft den Befehl, NGOs im ganzen Lande zu überprüfen. Zwischen Februar bis April 2013 wurden über 1000, darunter auffällig viele Menschenrechtsorganisationen, überprüft, offenkundig deswegen, weil die meisten von ihnen seit den 1990er Jahren, in der Regel aus dem Westen, finanziell unterstützt wurden. Staatsanwaltschaft und Sicherheitsbehörden legten die Begriffe „politische Tätigkeit“ und materielle Unterstützung erwartungsgemäß extensiv aus, und es kam bei den Überprüfungen zu zahlreichen Verletzungen der Privat- und Geschäftssphäre der betroffenen Bürger und Organisationen.

Die restriktive, schikanöse Reglementierung der gesellschaftlichen Vereinigungen ist ausschließlich aus dem Misstrauen des Putin-Regimes gegenüber Bürgern geboren, die ihre Grundrechte frei ausüben möchten. Der Gesetzgeber missachtet offenkundig die Vereinigungsfreiheit, was nicht nur dem Geist, sondern auch dem Buchstaben der Verfassung widerspricht. Das Verfassungsgericht hat dem bislang keinen Einhalt geboten<sup>64</sup>.

Die grenzüberschreitende Dimension der Informationsfreiheit ist stark bedroht durch die Neufassung des Straftatbestandes des „Staatsverrates“ (Art. 275 StGB RF) am 12. November 2012, der erheblich, ja, ins Grenzenlose ausgeweitet worden ist<sup>65</sup>. Denn Staatsverrat ist nicht mehr nur „Spionage“, wie bisher, sondern auch schon „die Leistung finanzieller, materieller und technischer, konsultativer oder sonstiger Hilfe an einen ausländischen Staat oder an eine internationale oder ausländische Organisation oder an deren Vertreter bei einer gegen die Sicherheit der Russländischen Föderation gerichteten Tätigkeit“<sup>66</sup>.

<sup>63</sup> Art. 2 Punkt 6 des Gesetzes über die nichtkommerziellen Organisationen lautet: „Unter einer nichtkommerziellen, die Funktionen eines *ausländischen Agenten* erfüllenden Organisation wird... eine russländische nichtkommerzielle Organisation verstanden, die Geldmittel und anderes Vermögen von ausländischen Staaten oder von deren staatlichen Organen oder von internationalen oder ausländischen Organisationen oder von Ausländern oder von Staatenlosen oder von ihnen dazu ermächtigten Personen und/ oder von russländischen juristischen Personen erhält, die ihrerseits Geldmittel oder anderes Vermögen aus den bezeichneten Quellen (ausgenommen Offene Aktiengesellschaften mit staatlicher Beteiligung und deren Tochtergesellschaften) erhält (im weiteren: ausländische Quellen.) und die an politischer Tätigkeit auf dem Territorium der Russländischen Föderation, darunter im Interesse der ausländischen Quellen, teilnimmt.“

Eine nichtkommerzielle Organisation (mit Ausnahme einer politischen Partei) gilt als teilnehmend an politischer Tätigkeit auf dem Territorium der Russländischen Föderation, wenn sie, unabhängig von den in den Gründungsdokumenten bezeichneten Zielen und Aufgaben, auch durch Finanzierung, an der Organisation und Durchführung politischer Aktionen teilnimmt, um auf die Annahme von Entscheidungen durch die Staatsorgane hinzuwirken, die auf die Änderung der von ihnen geführten Staatspolitik gerichtet sind, sowie auf eine Formierung der öffentlichen Meinung zu den bezeichneten Zielen. Zur politischen Tätigkeit gehören nicht Tätigkeiten auf den Gebieten der Wissenschaft, Kultur, Kunst, Gesundheitswesen, Prophylaxe und Gesundheitsschutz der Bürger, des Schutzes von Mutterschaft und Kindern, der sozialen Fürsorge für Invalide, Propaganda einer gesunden Lebensweise, von Körperkultur und Sport, des Schutzes der Pflanzen- und der Tierwelt, von karitativer Tätigkeit sowie Tätigkeiten zur Förderung von Wohltätigkeit und ehrenamtlichem Engagement.“

<sup>64</sup> Siehe die noch immer aktuelle Kommentierung zu den Art. 30 und 13 der Verfassung von Wieser, Bernd, in: derselbe (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 139 ff.; 297 ff.,

<sup>65</sup> SZRF 2012, Nr. 47, Pos. 6401. Zur Sowjetzeit hieß es „Verrat der Heimat“ (izmena rodiny).

<sup>66</sup> Art. 275 StGB lautet: „Staatsverrat, das heißt die von einem Bürger der Russländischen Föderation begangene Spionage, Übergabe von Angaben, die ein Staatsgeheimnis darstellen, an einen ausländischen Staat, an eine internationale oder ausländische Organisation oder an deren Vertreter, [Angaben], die der Person anvertraut wurden oder ihr im Dienst, bei der Arbeit, beim Lernen oder in anderen von der Gesetzgebung der Russländischen Föderation vorgesehenen Fällen bekannt geworden sind, oder die Leistung finanzieller, materieller, technischer, konsultativer oder sonstiger Hilfe an einen ausländischen Staat, an eine internationale oder ausländische Organisation oder an deren Vertreter bei einer Tätigkeit, die gegen die Sicherheit der Russländischen Föderation gerichtet ist, -





Der Tatbestand ist uferlos, weil er jede beliebige Hilfeleistung erfasst, weil er der Tatbestand nicht mehr dem engeren Begriff der „äußeren Sicherheit“ (vnešnej bezopasnosti) verhaftet ist, sondern dem weiten Sicherheitsbegriff folgt, der sämtliche Bereiche des gesellschaftlichen und staatlichen Lebens umfasst, sich auf alle fremden sowohl öffentlichen als auch privaten Organisationen erstreckt. Ihn hatte bereits das föderale Gesetz über die Sicherheit vom 5. März 1992<sup>67</sup> (Art. 1 Abs. 1) wie folgt normiert: „Sicherheit bedeutet den Zustand der Geschütztheit (zaščiščennosti) der lebenswichtigen Interessen der Persönlichkeit, der Gesellschaft und des Staates vor inneren und äußeren Bedrohungen.“ Dieses grenzenlose Sicherheitsverständnis prägt die „Strategie der nationalen Sicherheit der Russländischen Föderation bis 2020 vom 12.5.2009<sup>68</sup> und auch das neue Gesetz über die Sicherheit vom 28.12.2010<sup>69</sup>. Beide stammen aus der im Rückblick liberal erscheinenden Ära Präsident Medvedevs!

Der Straftatbestand der Spionage (§ 276 StGB RF) wurde am gleichen Tage aufgeweicht und dadurch drastisch ausgeweitet<sup>70</sup>.

## 2. Systematische Verschärfung der Kontrolle und Zensur des Internets

Die Neufassung des Art. 275 StGB bedroht alle Informationsbeziehungen, welche die Bürger Russlands, voran Journalisten und Menschenrechtsaktivisten, sowie Presseorgane, NGOs usw. mit dem Ausland und internationalen Organisationen unterhalten oder zu ihnen herstellen wollen. Sogar gegen Beschwerden an den Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte in Straßburg, an das Human Rights Committee in New York, an Amnesty International in London oder an Human Rights Watch in New York könnten Russlands Strafverfolgungsorgane, wenn sie es wollten, mit dem neuen Straftatbestand vorgehen!

In keinem Punkte zeigt sich der Wechsel von Präsident Medvedev zu Präsident Putin eindrücklicher als bei der Nutzung des Internets<sup>71</sup>. Das Gesetz vom 27. Juli 2006 über die Information, die Informationstechnologien und den Schutz der Information, welches bis zum Ende der Amtszeit Dmitrij Medvedevs (April 2012) nur dreimal und marginal geändert wurde, ist seit Beginn der dritten Amtszeit Putins 37-mal, davon über 20-mal durch Novellierungen geändert worden, die die Internet-Nutzung durch administrative Reglementierungen, Einschränkungen und Verbote systematisch erschweren. Schritt für Schritt hat die Präsidialexekutive eine Internetkontrolle und -zensur aufgebaut<sup>72</sup>.

wird mit Freiheitsentzug zwischen 12 und 20 Jahren und Geldstrafe im Umfang bis zu 500.000 Rubeln oder im Umfang des Lohnes oder sonstiger Einkünfte des Verurteilten für den Zeitraum von bis zu drei Jahren oder ohne einen solchen mit Freiheitsbeschränkung für eine Dauer von bis zu zwei Jahren bestraft.“

<sup>67</sup> Quelle: Vedomosti Verchovnogo Soveta Rossijskoj Federacii [Mitteilungen des Obersten Sowjets der Russländischen Föderation] 1992, Nr. 15, Pos. 769.

<sup>68</sup> Text: SZRF 2009, Nr. 20, Pos. 2444.

<sup>69</sup> SZRF 2011, Nr. 1, Pos. 2. Verurteilungen wegen „Staatsverrats“ haben stark zugenommen. Schmidt, Friedrich: Überall Spione, in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung v. 6.9.2020, S. 9.

<sup>70</sup> „Die Übergabe, das Sammeln, das Entwenden oder die Aufbewahrung zwecks Übergabe an einen ausländischen Staat, an eine internationale oder ausländische Organisation oder an ihre Vertreter von Angaben, die ein Staatsgeheimnis bilden, sowie die Übergabe oder das Sammeln von Angaben zu ihrer Verwendung gegen die Sicherheit der Russländischen Föderation im Auftrage (po zadaniju) einer ausländischen Aufklärung (razvedki) oder einer Person, die in deren Interesse handelt, das heißt Spionage, wenn diese Handlungen von einer ausländischen Person oder einer Person ohne Staatsangehörigkeit begangen wurden, wird mit Freiheitsstrafe zwischen 10 und 20 Jahren bestraft.“

<sup>71</sup> Berger, Julian-Ivan: Die staatliche Blockierung des Zugangs zu Internetinhalten in Russland – Eine Analyse aus verfassungsrechtlicher Sicht, in: Osteuropa-Recht 65. Jg. (2019), S. 5-36; zum Start der Kontrolle über das Internet im Vorfeld der Winterolympiade von Sotschi siehe Schmidt, Friedrich: Nach den Bomben kommt die Kontrolle, in: FAZ vom 16.1.2014, S. 3.

<sup>72</sup> Siehe dazu den ausführlichen Überblick von Luchterhandt, Otto: Missachtung der Verfassung. Eine Zwischenbilanz der Ära Putin, in: Osteuropa 70. Jg., 2020, Heft 6, S. 29-52 (47-51).



Die Möglichkeit der Internetzensur ist am 18.3.2019 durch ein Verfahren der Zugangsbeschränkung zu Informationen eingeführt worden, „die in einer unanständigen Form (nepriličnoj forme), welche die Menschenwürde und die öffentliche Sittlichkeit beleidigt, eine klare Nichtachtung der Gesellschaft, des Staates, der offiziellen staatlichen Symbole der Russländischen Föderation, der Verfassung der Russländischen Föderation oder der Organe, die die Staatsgewalt in der Russländischen Föderation ausüben, zum Ausdruck bringen“<sup>73</sup>. Noch schwammiger und unbestimmter ist der ebenfalls am 18.3.2019 eingeführte Schutz gegen „wissentlich unglaubwürdige (nedostoverno), gesellschaftlich bedeutsame Informationen unter dem Anschein glaubwürdiger Mitteilungen, welche drohen, dem Leben und (oder) der Gesundheit von Bürgern oder dem Vermögen Schaden zuzufügen, oder drohen, eine massenhafte Verletzung der öffentlichen Ordnung und (oder) der öffentlichen Sicherheit zu bewirken, oder drohen, ein Hindernis für das Funktionieren oder die Beendigung des Funktionierens von lebenswichtigen Objekten, von Verkehrs- oder sozialen Infrastrukturen, von Kreditorganisationen, von Objekten der Energiewirtschaft, der Industrie oder des Fernmeldewesens zu schaffen“<sup>74</sup>.

Im Juni 2016 wurde die Regelung eingeführt, dass Betreiber einer Suchmaschine und jeder Inhaber einer Homepage, der im Internet Nachrichten verbreitet („Aggregatoren von Nachrichten“) und innerhalb von 24 Stunden mehr als eine Million Nutzer hat, nicht zulassen darf, dass sein Internetauftritt genutzt wird „für Aufrufe zu terroristischer Tätigkeit oder öffentlicher Rechtfertigung von Terrorismus, sonstiger extremistischer Materialien sowie von Materialien, die Pornographie, Kult von Gewalt und Grausamkeit oder Materialien verbreiten, die unflätige Schimpfwörter enthalten“<sup>75</sup>, eine Zusammenstellung von Verboten, die man nur als groteske Fehlleistung des Gesetzgebers bezeichnen kann!

Diverse Novellierungen seit 2017 sollen den Informationsraum Russland gegen ausländische Einflüsse abschirmen. Unterbunden wird die Verbreitung von Informationen durch ausländische oder internationale Organisationen, die „für unerwünscht erklärt“ wurden, und aus dem Ausland stammende mediale Erzeugnisse können zu „Masseninformationsmitteln mit der Funktion eines ausländischen Agenten erklärt werden“ (25.11.2017)<sup>76</sup>.

Im Dezember 2019 verschärfte der Gesetzgeber seine Restriktionen gegen unerwünschte ausländische Akteure. So müssen im Medienwesen „ausländische Strukturen“, die zu „ausländischen Agenten“ erklärt wurden, wie auch inländische Akteure, immer auf ihre Eigenschaft als „ausländischer Agent“ hinweisen, wenn sie in Russland Informationen verbreiten. Zeitungskorrespondenten, die zu ausländischen Agenten erklärt wurden, können in Archiven vom Zugang zu irgendwelchen Materialien ausgeschlossen werden<sup>77</sup>.

<sup>73</sup> Quelle: SZRF 2019, Nr. 12, Pos. 1220) und Novelle FZ Nr. 31 (SZRF 2019, Nr. 12, Pos. 1221).

<sup>74</sup> SZRF 2019, Nr. 12, Pos. 1221. Das Gesetz verpflichtet den Generalstaatsanwalt Russlands, bei Feststellung solcher Fälle das für die Medien zuständige Aufsichtsorgan aufzufordern, die Löschung der Information zu veranlassen. Zu diesem Zweck hat das zuständige Aufsichtsorgan unverzüglich den betreffenden Provider des Informationsmediums festzustellen, ihn in Russisch und Englisch von dem Ort der inkriminierten Information in Kenntnis zu setzen. Der Provider hat seinerseits den für die Platzierung der Information verantwortlichen Betreiber des Mediums über den Verstoß zu informieren und ihn zur Entfernung der Information aufzufordern. Für den Fall, dass der Provider und/oder der Betreiber diese Verpflichtungen nicht erfüllen, ermächtigt die Vorschrift das staatliche Fernmeldeorgan, den Internet-Zugang zu dem betreffenden Medium zu sperren. Erst wenn Provider und Betreiber der Informationsplattform ihre Verpflichtungen zur Löschung erfüllt haben, ist die betreffende Sperre wieder aufzuheben. Siehe auch Holm, Kerstin: Russlands neues Internetgesetz zeigt sofort Wirkung, in: FAZ 23.3.2019, S. 14.

<sup>75</sup> Gesetz vom 23.6.2016, SZRF 2016, Nr. 26, Pos. 3877.

<sup>76</sup> Novellierung u.a. des Informationsgesetzes am 25.11.2017, SZRF 2017, Nr. 48, Pos. 7051. Schmidt, Friedrich: Willkürliche Auswahl. Russland will den westlichen Einfluss im Land bekämpfen, in: FAZ, 18.3.2019, S. 6.

<sup>77</sup> Novellierung des Informationsgesetzes am 2.12.2019, SZRF 2019, Nr. 49, Pos. 6985.



Dem angestrebten Ziel, die Nutzung des Internets in Russland vom Ausland abzukoppeln und ein eigenes, russisches Internet zu errichten, ist der Kreml mit den Änderungen des Fernmeldegesetzes und des Informationsgesetzes am 1. Mai 2019 ein großes Stück nähergekommen<sup>78</sup>. Vorgesehen sind folgende Schritte: Erstens sollen russische Telekommunikations- und Internetservice-Anbieter den Datenverkehr zukünftig ausschließlich über Internetknoten (IXPs) leiten, die bei der föderalen Behörde „Roskomnadzor“ registriert sind. Zweitens sollen alle Anbieter identische technische Einrichtungen installieren, mittels derer jene Behörde Seiten sperren und den Internetverkehr bei Bedarf steuern kann. Drittens soll bis Ende 2020 ein nationales, russisches Domain-Namen-System aufgebaut werden.

### 3. Abmilderung des Repressionskurses im Vorfeld der Winterolympiade von Sotschi (2014)

Das Präsidialregime agierte in der zweiten Hälfte des Jahres 2013 mit einer leichten Abschwächung des Repressionskurses. Liberale Gesten gegenüber Regimekritikern traten neben harte Unterdrückungsmaßnahmen gegen Regimegegner. Zwei spektakuläre, von der internationalen Öffentlichkeit mit großer Aufmerksamkeit registrierte Vorgänge lassen die Kurskorrektur besonders deutlich erkennen: die vom Kreml gezielt ermöglichte Zulassung Aleksej Naval'nyjs zu der von September auf Juli vorgezogenen Wahl des Bürgermeisters von Moskau<sup>79</sup> und die Aussetzung des in Vorbereitung befindlichen dritten Strafprozesses gegen Michail Chodorkovskij, seine vorzeitige Entlassung aus dem Straflager und seine Abschiebung nach Deutschland im Dezember 2013<sup>80</sup>.

Naval'nyj und Chodorkovskij waren in der stark zersplitterten Opposition zum Putin-Regime die herausragenden Gestalten und damals trotz ihrer Unterschiedlichkeit die gefährlichsten Herausforderer des Regimes. Naval'nyj besaß und besitzt kraft seiner intellektuellen Potenz, seines rhetorischen Talents, seines politischen Gespürs und seines persönlichen Mutes und Charismas das Zeug zu einem echten Volkstribun.

Michail Chodorkovskij stellte aus anderen Gründen eine Gefahr für das Putin-Regime dar. Desse Repressionsapparat hatte ihn in den zehn Jahren der Lagerhaft nicht brechen können. Im Gegenteil, Chodorkovskij, der bis zur Zerschlagung und Verstaatlichung des YUKOS-Konzerns (2004/2005) der reichste Mann Russlands und erfolgreichster Unternehmer des Landes gewesen war, war international kaum weniger bekannt als Präsident Putin. Wegen seines persönlichen Mutes, seiner intellektuellen Stärke und moralischen Unbeugsamkeit genoss er auch im Ausland hohes Ansehen und Autorität. Nach Abbüßung der Strafe in die Freiheit zurückgekehrt, musste Chodorkovskij für das Putin-Regime ein ernstes Problem darstellen, denn er hatte sich während der Haftzeit durch eine rege Publikationstätigkeit zu einem Repräsentanten der Zivilgesellschaft Russlands mit einer dezidiert politischen Mission weiterentwickelt. Außerdem verfügte er trotz der Enteignung des Konzerns noch immer über ein bedeutendes Privatvermögen und war entschlossen, es zur Förderung der Opposition einzusetzen.

<sup>78</sup> SZRF 2019, Nr. 18, Pos. 2214; Epifanova, Alena: Deciphering Russia's Sovereign Internet Law. Tightening Control and Accelerating the Splinternet. DGAP Analysis 2/2020, [https://dgap.org/sites/default/files/article\\_pdfs/dgap-analyse\\_2-2020\\_epifanova\\_0.pdf](https://dgap.org/sites/default/files/article_pdfs/dgap-analyse_2-2020_epifanova_0.pdf).

<sup>79</sup> Ludwig, Michael: Eine Stadt, eine Wahl, ein Kandidat, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 20.6.2013; Siegert, Jens: Navalnyjs Wahl – Geburt eines Oppositionsführers? in: Russland-Analysen 262/2013, S. 24–27; Luchterhandt, Otto: Missbrauch des Strafrechts: Das „System Putin“ im Kampf gegen Aleksej Naval'nyj, in: Osteuropa 2015, Heft 1–2, S. 95–124 (99).

<sup>80</sup> Umfassend dazu Luchterhandt, Otto: Der YUKOS-Prozess gegen Michail Chodorkovskij (2003–2005; 2009–2010), in: Stiftung Kurt Groenewold/Alexander Ignor/Arnd Koch (Hrsg.): Lexikon der Politischen Strafprozesse (Augsburg, Mai 2018), S. 1–24.





Noch zu Beginn des Jahres 2013, d. h. etwa ein Jahr vor seiner regulär anstehenden Entlassung Chodorkovskijs aus der Strafhafte, war Präsident Putin deswegen entschlossen gewesen, Chodorkovskij in einem dritten Strafprozess verurteilen zu lassen, um dessen Rückkehr in die Politik für weitere Jahre zu verhindern<sup>81</sup>. Nachdem freilich schon das zweite Strafurteil (Dezember 2010) auch in Russland scharfe Kritik ausgelöst und mit Billigung Präsident Medvedevs sogar zu einer „gesellschaftlichen Begutachtung“ geführt hatte, musste der Kreml mit ebenso heftigen Protesten rechnen.

Das in Erwägung ziehend, dürften Präsident Putin Zweifel an seinem Kurs gekommen sein. Anfang Juli 2013 hat er augenscheinlich die Entscheidung getroffen, den harten Repressionskurs gegenüber der Zivilgesellschaft zu mildern. Viel spricht dafür, dass die inzwischen näher gerückte Winter-Olympiade von Sotschi der Hauptgrund dafür gewesen ist<sup>82</sup>. Es war Putins wichtigstes politisches Ziel in seiner zweiten Amtszeit gewesen, Russland zum Gastgeber des weltweit größten Sportereignisses zu machen. Für dieses erstrangige nationale Prestigeprojekt hatte er sich auf dem internationalen Parkett mit großem Engagement und mit seinem ganzen politischen Gewicht eingesetzt. Es war daher für Putin ein ganz persönlicher Triumph, als das IOC im Juli 2007 Russland den Zuschlag für die Ausrichtung der Winter-Olympiade im Jahre 2014 erteilte<sup>83</sup>. Dementsprechend groß war deswegen seine Sorge, der auf Russland und das Regime ausstrahlende Glanz der Olympiade könne in der internationalen Wahrnehmung durch Aktionen seiner Regimegegner und durch innenpolitische Störungen verblassen und Schaden nehmen.

Das Kalkül der Präsidialexekutive ging auf. Naval'nyj errang bei der Bürgermeisterwahl mit knapp 30 Prozent zwar einen Achtungserfolg, aber Amtsinhaber Sergej Sobjanin siegte, wenn auch knapp, schon im ersten Wahlgang (51%). Noch wichtiger aber war, dass die Wahl Sobjanins erst durch die Teilnahme Naval'nyjs die von der Präsidialexekutive gewünschte demokratische Legitimität erlangte, und zwar umso mehr, als ihr Verlauf auch von neutraler Seite als relativ fair und frei bewertet wurde<sup>84</sup>.

Im Falle Chodorkovskijs war die Lösung des Problems seiner politischen Kaltstellung weitaus schwieriger, denn Chodorkovskij lehnte die Forderung des Kremls, ein Schuldeingeständnis abzugeben, kategorisch ab. Aus dem Gang der Ereignisse muss aber geschlossen werden, dass es zu einer Einigung kam, weil Chodorkovskij sich bereit erklärte, sich seiner Abschiebung aus Russland nicht zu widersetzen.

Auch in seinem Fall ging das Kalkül des Kremls auf, denn die Verbannung aus Russland hat Chodorkovskijs politischen Einfluss in Russland an den Rand der Bedeutungslosigkeit gebracht.

<sup>81</sup> Zum geplanten dritten Strafprozess („Delo ekspertov – Die Experten-Strafsache“) Luchterhandt, Otto: Rechtsdialog besonderer Art. Der Kreml, der Fall Jukos und ein Gutachten, in: Osteuropa 2018, Heft 8-9, S. 41–60 (52 ff).

<sup>82</sup> Vesper, Reinhard: Die neue Kreml-Linie. Vor den Regionalwahlen will die russische Führung mehr Demokratie wagen, in: FAZ v. 28.8.2013, S. 8.

<sup>83</sup> Müller, Martin: Think big! Das Großprojekt Soçi 2014, in: Osteuropa 2012, Heft 6-8, S. 313–324.

<sup>84</sup> Siegert, Nawalnyjs Wahl [Anm. 79], S. 26.





#### 4. Stabilisierung des Regimes durch die Annexion der Krim

Durch die Erfolge bei der Unterdrückung der Opposition hatte Präsident Putin an Autorität nicht gewonnen. Im Gegenteil, die infolge der weltweiten Finanzkrise von 2008/2009 eingetretene Verschlechterung der Wirtschaftslage in Russland und die dadurch stark gesunkenen Einkommen vor allem bei Angehörigen der städtischen Mittelklasse, die von den gefälschten Duma-Wahlen vom Dezember 2011 ausgelöste manifeste innenpolitische Krise, die Enttäuschung vieler Bürger über den geräuschlosen Abgang Präsident Medvedevs und die Verbitterung in Teilen der Zivilgesellschaft über den gegen sie gerichteten Kurs der Einschüchterung und Unterdrückung, hatten das Ansehen Präsident Putins zu Beginn seiner dritten Amtszeit stark geschwächt. Als symptomatisch für die verbreitete düstere Stimmung kann ein „Offener Brief“ angesehen werden, den 50 russische Juristen, darunter prominente Hochschullehrer und Rechtsanwälte, aus großer Sorge wegen der gravierenden Missachtung und Verletzung der Verfassungsprinzipien am 22. Juli 2013 initiiert und im Internet veröffentlicht hatten<sup>85</sup>. Einleitend schrieben sie: „Wir Menschen, die sich beruflich mit dem Recht beschäftigen, sind gezwungen zu konstatieren: Zum 20-jährigen Bestehen der Verfassung Russlands ist die Verfassungsordnung des Landes in Gefahr. Die Basisbestimmungen der Verfassung und vor allem die verfassungsmäßige Charakteristik Russlands als Rechtsstaat haben sich im Kern in leere Deklarationen verwandelt. Kann man von einem rechtlichen Charakter des Staates sprechen, wenn die öffentliche Gewalt gegen die im Lande aufkommende Zivilgesellschaft einen offenen Krieg führt? Das Wort 'Krieg' ist keine bloße Redewendung, denn uns verlässt nicht der Eindruck, dass die Aktionen praktisch aller öffentlichen Machtinstitutionen koordiniert sind. Darunter auch diejenigen, deren verfassungsmäßiger Zweck die Wahrung und der Schutz der Rechte der Persönlichkeit ist. Die Gesetzgebungstätigkeit des Parlaments hat einen Charakter angenommen, der eindeutig von Verboten und Repression bestimmt ist.“

Die Rechtsschutzorgane und Geheimdienste, das Ermittlungskomitee, die Organe für innere Angelegenheiten, der FSB und die Staatsanwaltschaft verletzen grob und sogar demonstrativ Verfassungs- und sonstige Rechtsnormen, wobei sie strafrechtliche und ordnungswidrigkeitsrechtliche Sachen gegen diejenigen fabrizieren, die mit Kritik an den Behörden hervortreten. Schließlich die Gerichte, die einzige Instanz, auf die die Bürger beim Schutz ihrer Rechte rechnen könnten, 'legalisieren' diese Verletzungen, indem sie tendenziöse und häufig und eindeutig gesetzswidrige Schuldprüche aufgrund von einseitigen und auch verfälschten Zeugnissen verkünden... Wir halten es für unsere berufliche und staatsbürgerliche Pflicht, die öffentliche Aufmerksamkeit auf die Gefahr der entstandenen Situation zu lenken und unsere negative Einstellung zu ihr öffentlich zu erklären.“

In dieser Lage bewirkte die im Februar/März 2014 handstreichartig gelungene militärische Besetzung der Krim und ihre Eingliederung in die Russländische Föderation binnen dreier Wochen eine völlige Veränderung der innenpolitischen Lage in Russland: Auf einer Woge nationaler Begeisterung über diese „nationale Großtat“ schoss das Ansehen Präsident Putins und seines Regimes in höchste Höhen<sup>86</sup>. Die scharfe Kritik Europas und der USA an der Annexion der Krim und die gegen Russland verhängten Sanktionen haben dem keinen Abbruch getan, vielmehr im Gegenteil die Zustimmung zu Putins Coup gegenüber der Ukraine noch erhöht.

<sup>85</sup> „Pravovaja ugroza“. Zajavlenie prestavitel'j juridičeskogo soobščestva Rossii [Bedrohtes Recht. Erklärung von Vertretern der juristischen Gemeinschaft], <https://polit.ru/article/2013/07/22/letter>.

<sup>86</sup> Dass die Krimokkupation nicht nur das Völkerrecht, sondern auch die Verfassung Russlands verletzte, interessierte in Russland nicht einmal die Rechtswissenschaft. Luchterhandt, Otto: Der Anschluss der Krim an Russland aus völkerrechtlicher Sicht, in: Archiv des Völkerrechts 2014, Heft 2, S. 137–174.



Es war daher nicht überraschend, dass nach den Turbulenzen von 2011/2012 der Wahlzyklus von 2016/2018 völlig anders verlief. Die Wahlergebnisse der Duma-Wahl (18.9.2016) und der Präsidentenwahl (18.3.2018) waren zwar mit den längst üblich gewordenen repressiven Instrumenten der Behörden („administrative Ressource“), manipuliert worden, bestätigten aber das Putin-Regime erwartungsgemäß mit einer –überwältigend großen Unterstützung der Wählerschaft. Zu ernstesten Protesten kam es nicht<sup>87</sup>.

#### g. Die „Verfassungskorrekturen“ von 2020

Präsident Putin hat am 15. Januar 2020, unmittelbar nach den Neujahrsfeiertagen, überraschend die Initiative zu einer Revision der föderalen Verfassung von 1993 ergriffen und in den folgenden Tagen und Wochen ihre öffentliche Propagierung mit hohem Tempo vorangetrieben<sup>88</sup>. Erst zwei Monate später, in der Schlussphase der zweiten Lesung des in die Staatsduma eingebrachten Entwurfs des Verfassungsänderungsgesetzes, d. h. am 10. März 2020, ist klar geworden, was Vladimir Putin mit dem Projekt bezweckt hat, dessen harmlose Apostrophierung als „Verfassungskorrekturen“ (popravki konstitucii) das Gewicht der Verfassungsrevision absichtsvoll herunterspielte: die Ermöglichung weiterer Amtszeiten als Präsident über 2024 hinaus. Daneben sind die von der Duma und dem Föderationsrat beschlossenen und von den Regionen Russlands gebilligten Verfassungsänderungen (Art. 136 i. V. m. Art. 108 Verfassung RF) von dem Bestreben bestimmt, die Machtstellung des Präsidenten gegenüber Legislative und Judikative sowie gegenüber den Regionen noch mehr zu stärken, aber diese Aspekte des Gesetzes waren letztlich zweitrangig.

Seitdem die Verfassungsänderungen in Kraft getreten sind (14. März 2020) zeigt sich die Verfassung der Russländischen Föderation janusköpfig: Zu den in den ersten beiden Kapiteln der Verfassung verkündeten Prinzipien eines demokratischen Rechts- und Verfassungsstaates stehen die staatsorganisationsrechtlichen Bestimmungen der Kapitel 3 bis 8 in weiter Distanz. Sie besitzen das Profil einer anderen Verfassung. Man kann sie Verfassung des Putin-Regimes nennen. Ihr stärkstes Symbol und politische Realität zugleich ist Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup>, der Vladimir Putin das Recht verleiht, 2024 und 2030 sich wieder zur Wahl des Präsidenten zu stellen. Die Bestimmung ist ihrem Wesen nach keine Verfassungsnorm, sondern ein verfassungsrechtliches privilegium ad personam, eine „Lex Putin“. Sie öffnet Vladimir Putin das Tor zu einer Präsidentschaft de facto auf Lebenszeit. Ob es dahin kommen wird, ist zwar ungewiss, aber die Rechtsgrundlage ist dazu gelegt und sie gilt schon heute. Im Anschluss an den nun folgenden Überblick über die Entwicklung des Rechtswesens unter dem Putin-Regime wird die Verfassungsrevision einer grundsätzlichen rechtstheoretischen Kritik unterzogen (siehe unter Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit (**Kapitel IV**).

<sup>87</sup> Ergebnisse der Duma-Wahlen vom 18.9.2016, siehe [https://ru.wikipedia.org/wiki/Выборы\\_в\\_Государственную\\_думу\\_\(2016\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Выборы_в_Государственную_думу_(2016)); ferner Präsidentschaftswahlen in Russland 2018, in: Russland-Analysen (Bremen) Nr. 351 vom 23.3.2018, S. 12 ff (Wahlergebnisse und Analysen).

<sup>88</sup> Luchterhandt, Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit (Anm. 10).



## II. Rechtswesen: Hauptentwicklungslinien im Verwaltungs-, im Straf- und im Zivil- und Wirtschaftsrecht

### a. Allgemeine Einschätzung im Überblick

Während es noch verhältnismäßig einfach ist, eine Bilanz der Verfassungs- und Staatsrechtsentwicklung in der Ära „Putin“ zu ziehen, ist das für das „Rechtswesen“ ungleich schwieriger<sup>89</sup>.

Vorwegzuschicken ist die notwendige Bemerkung, dass das Staatsrecht und dessen Zentrum, die Verfassung, wesentliche Teile des Rechtswesens sind, indem sie, zusammen mit dem Völkerrecht, sowohl die rechtliche Grundlage, als auch den rechtlichen Rahmen Russlands als Staatswesen in der Staatengemeinschaft bilden. Das Ergebnis der Verfassungs- und Staatsrechtsentwicklung stellt daher bereits einen wesentlichen Teil der für das Rechtswesen insgesamt zu ziehenden Bilanz dar. Das hat Konsequenzen für den folgenden Überblick. Einem unter deutschen Juristen anerkannten und geläufigen Satz folgend, Verwaltungsrecht sei „konkretisiertes Verfassungsrecht“<sup>90</sup>, ist es schlüssig, an das Staatsrecht einen Überblick über die Hauptentwicklungen in Verwaltung und Verwaltungsrecht anzuschließen (b). Ebenso schlüssig ist es, einen entsprechenden Überblick über das Strafrecht und Strafprozessrecht folgen zu lassen, und zwar deswegen, weil die Ausübung der Strafgewalt der Sache nach zum Kernbereich des öffentlichen Rechts gehört, aber auch deswegen, weil der Überblick über die Verfassungsentwicklung gezeigt hat, dass Veränderungen im Straf-, Strafprozess- und Strafvollzugsrecht und im Ordnungswidrigkeitenrecht eng mit der repressiven Verfassungsentwicklung unter Präsident Putin insgesamt verbunden sind.

Zivilrecht und Wirtschaftsrecht heben sich von jenen öffentlich-rechtlichen Materien des Rechtswesens strukturell stark ab, weil sie nicht die vertikalen Staat-Bürger-Beziehungen zum Gegenstand haben und regeln, sondern die horizontalen Rechtsverhältnisse zwischen nichtstaatlichen Rechtsträgern, also zwischen natürlichen und juristischen Personen, zwischen Bürgern und den von ihnen frei gegründeten Vereinigungen, Wirtschaftsunternehmen, Stiftungen usw. Wie in allen demokratischen Rechtsstaaten mit marktwirtschaftlicher Wirtschaftsordnung unterliegen allerdings auch die der horizontalen Ebene angehörenden Rechtsbeziehungen mehr oder weniger starken Einwirkungen und Reglementierungen von Seiten der staatlichen Behörden unter anderem aufgrund gesetzlicher Ermächtigungen, die vor allem im Verwaltungsrecht zu finden sind. In der heutigen Rechtsordnung Russlands ist das Phänomen sogar besonders stark und in einer für das „Putin-Regime“ spezifischen, typischen Weise ausgeprägt<sup>91</sup>.

Generell lässt sich zur Gesamtrechtsentwicklung in den zwei Jahrzehnten der Ära „Putin“ feststellen, dass die Bilanz in den drei großen Rechtsgebieten, im Staats- und Verwaltungsrecht, im Strafrecht sowie im Zivil- und Wirtschaftsrecht unter Einschluss der ihnen jeweils zugehörenden Gerichtszweige und Prozessordnungen, sowohl in zeitlicher als auch in sachlicher Hinsicht zwar unterschiedlich und uneinheitlich ist, seit der zweiten Amtsperiode Präsident Putins aber ganz überwiegend - bis heute - mit Ausnahme des Zivil- und Handelsrechts einen sich etappenweise verschärfenden Restriktions- und Repressionskurs aufweist. Während in der ersten Amtsperiode Vladimir Putins Reformbereitschaft auch im

<sup>89</sup> Siehe dazu auch die Bilanz, die Angelika Nussberger am Ende der von ihr herausgegebenen „Einführung in das russische Recht“ (München 2010, S. 345 ff.) zieht.

<sup>90</sup> So das geflügelte Wort eines ehemaligen Präsidenten des deutschen Bundesverwaltungsgerichts: Werner, Fritz: Verwaltungsrecht als konkretisiertes Verfassungsrecht, in: Deutsches Verwaltungsblatt (DVBl) 1959, S. 527.

<sup>91</sup> Das Phänomen ist ein typisches Kennzeichen des „Doppelstaates“ im Sinne Ernst Fraenkel's. Eingehend dazu unten Kapitel IV.





Staatsrecht und im Strafrecht (Strafprozessrecht) noch vorhanden war und insgesamt gesehen wohl überwog, tritt seit der zweiten Amtsperiode immer massiver der Zug zur Etablierung eines auf die Person Vladimir Putins zugeschnittenen, autoritären Präsidialregimes hervor. Komplementär dazu nutzen Verwaltung und Justiz alle gesetzlichen und administrativen Möglichkeiten, diejenigen gesellschaftlichen Gruppen, politischen Vereinigungen und Parteien an den Rand zu drängen und zu kriminalisieren, die sich der Kontrolle des Regimes entziehen oder ihm gar offen widersetzen. Bestrebt, alle wesentlichen Bereiche von Staat und Gesellschaft zu steuern oder wenigstens zu kontrollieren, hat das Putin-Regime inzwischen die Züge einer Autokratie, einer Selbstherrschaft eines Staatsoberhauptes angenommen, das sich tendenziell aus der Abhängigkeit und Rückbindung an das Volk gelöst hat.

## **b. Verwaltungsrecht und Verwaltungsprozessrecht**

Die Erneuerung der aus der Sowjetepoche überkommenen Staatsverwaltung Russlands und die Schaffung eines Verwaltungsrechts, das den von der Verfassung verkündeten Prinzipien des Rechtsstaates, der Demokratie und des Föderalismus sowie ihrem Bekenntnis zu den Menschen- und Bürgerrechten entspricht, stand in der „Jelzin-Ära“ im Schatten der Erneuerung des Staatsrechts, des Zivil- und des Wirtschaftsrechts sowie des Strafrechts mitsamt ihren Gerichtszweigen und Prozessordnungen. Wenn überhaupt, dann befasste sich der Gesetzgeber nur punktuell, meist im Zusammenhang mit der Reform des Wirtschaftsrechts, auch mit dem Verwaltungsrecht.

Mit dem Wechsel zur Präsidentschaft Vladimir Putins kam auch die Reform der Verwaltung ins Blickfeld. Dass dies notwendig war, war nicht umstritten. Eher noch heftiger als zur Sowjetzeit klagte man über die Schwerfälligkeit der Behörden und ihre Inkompetenz, über die Bestechlichkeit des Personals, über die bizarre Mischung aus Willkür und pedantischem Formalismus in der Amtsführung und, aus fiskalischer Sicht, über die personell überbesetzten Behörden aller Verwaltungsebenen. In der Staatsführung war man sich darüber im Klaren, dass die öffentliche Verwaltung mit der allgemeinen Entwicklung in Gesellschaft und Wirtschaft nicht Schritt gehalten habe und dass dadurch die Dynamik und Effektivität der Wirtschaftsentwicklung des Landes stark behindert werde und gefährdet seien<sup>92</sup>.

2003 gab der Präsident zusammen mit dem Ministerkabinett den Startschuss zu einer Verwaltungs- und Verwaltungsrechtsreform<sup>93</sup>. Das Programm war allerdings auf die Wirtschaft beschränkt: 1. Begrenzung der Einmischung des Staates in die private Wirtschaftstätigkeit und Beendigung übermäßiger staatlicher Regulierung, 2. Stärkung der in der Wirtschaft tätigen autonomen Organisationen und 3. Zuweisung der staatlichen Funktionen „Regelung der Wirtschaftstätigkeit“, „Aufsicht und Kontrolle“ und behördliche „Dienstleistungen“ für nichtstaatliche Subjekte zur Erfüllung an verschiedene Behörden.

Wohl wegen der Begrenzung auf die Wirtschaft, fand der kurz vorher von Präsident Putin gemachte Vorschlag, Streitfälle zwischen Verwaltung und Bürger generell durch die Bereitstellung von „Verwaltungsverfahren und gerichtlichen Mechanismen“ zu lösen, keinen

<sup>92</sup> Ab 2001 wurde die Diskussion über die Reform des Verwaltungsrechts in der Fachliteratur immer intensiver. Ihre Kritik an den Realien der Verwaltung und die Reformvorschläge hatten starken Einfluss auf die kurz darauf folgenden Reformbeschlüsse der föderalen Regierung. Das belegt die Einführung zu der „Konzeption der Verwaltungsreform für 2006-2008“ vom 25.10.2005. Quelle: SZRF 2005, Nr.46, Pos. 4720.

<sup>93</sup> Dekret des Präsidenten vom 23.7.2003 „über Maßnahmen zur Durchführung einer Verwaltungsreform in 2003 und 2004“ (SZRF 2003, Nr. 30, Pos. 3046); Regierungsverordnung vom 31.7.2003 (SZRF 2003, Nr. 31, Pos. 3150). Vorausgegangen war in der „Botschaft“ des Präsidenten an die Föderalversammlung (Mai 2003) die Ankündigung einer Verwaltungsreform.





Eingang in das Programm<sup>94</sup>. Sie spielten auch auf den folgenden Etappen der Verwaltungsreform keine Rolle. Der beherrschende Ansatz bei der Verwaltungsreform ist etatistisch-obrigkeitlich: Präsident und Regierung setzen auf administrative Reorganisationsmaßnahmen, genauere Funktionsbeschreibungen und Aufgabenbeschränkungen, d. h. auf Normen, die in der Regel nur innerhalb der Behördenorganisation geltendes, d.h. sog. staatliches Innenrecht bleiben und deren Einhaltung und Ausführung allein von der Bereitschaft der Amtspersonen abhängt. Das ist bei Rechtsvorschriften, die die Interaktion zwischen den Behörden einerseits, Bürgern, Unternehmen und sonstigen nichtstaatlichen Subjekten andererseits regeln und letzteren gesetzlich bestimmte Verfahrensrechte in ihren Kontaktverhältnissen einräumen, anders. Sie verwandeln die Verhältnisse zwischen Staat und Bürger nach Maßgabe der Menschenrechte und der Prinzipien des demokratischen Rechtsstaates in (Außen-) Rechtsverhältnisse, in denen die nichtstaatliche Seite der Verwaltungsbehörde nicht machtlos ausgeliefert ist, und dies umso weniger dann, wenn der Bürger zur Durchsetzung seines Rechts gegen die Behörde gerichtlichen Rechtsschutz in Anspruch nehmen kann.

Die in die zweite Amtszeit Präsident Putins fallende Reform des Verwaltungsrechts war zunächst mit dem Namen Dmitrij Kozaks verbunden, damals Chef des Amtes des Ministerpräsidenten der Föderation<sup>95</sup>. Entsprechend der Reformkonzeption<sup>96</sup> wurden die Zentralbehörden funktional aufgeteilt in 1. Föderale Ministerien, welche Rechtsakte (Gesetze; Verordnungen usw.) mit strategischem Anspruch ausarbeiten sollten, 2. „Föderale Dienste“ (služby), die die Ausführung der Rechtsakte zu kontrollieren hatten, und 3. „Föderale Agenturen“, denen die Aufgabe übertragen war, Bürgern und Unternehmen Verwaltungsdienstleistungen zu erbringen.

Die Reform wurde ein völliger Fehlschlag. Die institutionelle Trennung der Funktionen gelang nicht, weil einerseits die Ministerien sich mit dem Verlust der Befugnis, in ihren „Häusern“ auch die unteren Dienststellen zu leiten, nicht abfinden wollten, und weil andererseits die Dienste und Agenturen danach strebten, ihre Kompetenzen auszudehnen.

Die Zahl der Zentralbehörden konnte nicht nur nicht gesenkt werden, sondern sie erhöhte sich, im Gegenteil, von über 50 auf über 80, und dementsprechend trat die angestrebte Verringerung des Verwaltungspersonals nicht ein. Infolge der Umstrukturierung kam es zu einer enormen Fluktuation zwischen den reorganisierten Behörden und entsprechenden Effektivitätsverlusten, und das Verwaltungspersonal stieg zahlenmäßig weiter an. Es war daher folgerichtig, dass die Reform abgebrochen und die alte Verwaltungsstruktur im Wesentlichen wiederhergestellt wurde<sup>97</sup>.

Der von Präsident Putin 2003 gemachte Vorschlag, das Staat-Bürger-Verhältnis durch Regelung des Verwaltungsverfahrensrechts auf eine feste, einheitliche Grundlage zu stellen, ist auch während der Präsidentschaft Dmitrij Medvedevs nicht weiterverfolgt worden. Das überrascht nicht, denn Medvedev hatte wenige Tage vor seiner Wahl zum Präsidenten einem föderalen Verwaltungsverfahrensgesetz ausdrücklich eine Absage erteilt<sup>98</sup>. Infolgedessen ist

<sup>94</sup> In seiner „Poslanie“ vom Mai 2003 hatte der Präsident erklärt, es sei erforderlich, „einen effektiv arbeitenden Mechanismus der Entscheidung von Streitfällen zwischen dem Bürger und dem Staat durch die Vervollkommenheit der Verwaltungsverfahren und gerichtlicher Mechanismen zu schaffen“.

<sup>95</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Козак,\\_Дмитрий\\_Николаевич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Козак,_Дмитрий_Николаевич).

<sup>96</sup> „Konzeption der Verwaltungsreform für 2006-2008“, in Kraft gesetzt durch die Regierungsverfügung vom 25.10.2005. Quelle: SZRF 2005, Nr.46, Pos. 4720.

<sup>97</sup> [https://studne.org/87968/politologiya/administrativnaya\\_reforma\\_2004-2006\\_tseli\\_posledstviya](https://studne.org/87968/politologiya/administrativnaya_reforma_2004-2006_tseli_posledstviya).

<sup>98</sup> Rede vom 15.2.2008 auf dem 5. Krasnojarsker Wirtschaftsforum, Text in: Rossija 2020. Glavnye zadaci razvitiya strany [Russland 2020: Die Hauptaufgaben der Entwicklung des Landes], Moskau 2008, S. 31 ff (36).



der Zustand bis heute unverändert geblieben, dass die staatlichen und die kommunalen Behörden die Kontaktverhältnisse mit Bürgern und Unternehmen auf Grund von „Reglements“ behandeln, die sie kraft ihrer Organisationsgewalt selbst erlassen haben. Sie haben die Rechtsnatur von Verwaltungsvorschriften, die im Alltag von den Amtspersonen nach freiem Belieben gehandhabt werden<sup>99</sup>. Aus dem verfassungsrechtlichen Blickwinkel der Grundrechte und des Rechtsstaatsprinzips (Art. 1) ist der Zustand nicht zu rechtfertigen. Er verlangt nach Ablösung durch eine föderales Verwaltungsverfahrensgesetz.

Unmittelbar nach seiner Rückkehr in das Amt des Präsidenten, setzte Vladimir Putin die Verwaltungsreform mit einem anderen Akzent fort, nämlich mit dem Ziel, die Versorgung der Bevölkerung mit administrativen Dienstleistungen wesentlich zu verbessern, dadurch ihre Zufriedenheit nachhaltig zu erhöhen und das allgemeine Ansehen der Verwaltung zu heben<sup>100</sup>. Die systematisch ansetzenden und die Möglichkeiten des e-government nutzenden Maßnahmen habe sich als erfolgreich erwiesen und in den letzten Jahren zu einer schrittweisen und insgesamt erheblichen Verbesserung des staatlichen Dienstleistungssektors geführt. Zu dem Erfolg tragen zunehmend die „Multifunktionalen Zentren für die Leistung staatlicher und kommunaler Dienste (MFS)“ bei, die in den Großstädten und Ballungszentren eingerichtet worden sind und ausgeweitet werden (sollen)<sup>101</sup>.

Verwaltungsverfahrensgesetz und Verwaltungsgerichtsprozessordnung bilden seit Langem den Kern des Allgemeinen Verwaltungsrechts. Sie stellen das Staat-Bürger-Verhältnis auf eine rechtsstaatliche, menschenrechtskonforme Grundlage. Entsprechende Kodifikationen und ihre reale Wirkung im Alltag der Verwaltung sind daher wichtige Indizien für eine moderne rechtsstaatliche und demokratische Verwaltungskultur. Wie der Erfahrungsbericht von Karl Eckstein belegt, lässt sich die Richtigkeit dieser Aussage geradezu exemplarisch an der Rechtslage in der Russländischen Föderation aufzeigen.

Der Fortschritt zugunsten der Rechtsstellung des Individuums im Verwaltungsrecht im Sinne eines status activus geht aber auch dort weiter. Das zeigt der Erlass eines Verwaltungsprozessgesetzbuches Russlands am 8. März 2015<sup>102</sup>. Zwar führt das Gesetzbuch keine speziellen Verwaltungsgerichte ein, sondern gilt für die Verhandlung von verwaltungsrechtlichen Streitigkeiten vor den ordentlichen Gerichten, die dafür auch bisher schon zuständig waren. Auch bleibt die Zuständigkeit der Wirtschaftsgerichte für die Verhandlung von Wirtschaftssachen mit verwaltungsrechtlichem Einschlag und den gesamten Bereich von Streitigkeiten wegen Steuern und Abgaben erhalten, aber das ändert nichts an der positiven Bewertung des Gesetzbuches. Es gibt Bürgern und Unternehmen zusätzliche Instrumente in die Hand, um ihre subjektivöffentlichen Rechte gegenüber dem Staat und Kommunen geltend zu machen und durchzusetzen<sup>103</sup>.

<sup>99</sup> Zur Praxis siehe Eckstein, Karl: Verwaltungsverfahrensgesetz in Russland. Ein Erfahrungsbericht, in: Deutsche-Russische Rechtszeitschrift Band 4 (2019), Heft 1, S. 24-30. Medvedev hatte sich für die „Reglement-Lösung“ mit abwegiger Begründung eingesetzt. A.a.O.

<sup>100</sup> Dekret des Präsidenten vom 7.5.2012 (SZRF 2012, Nr. 19, Pos. 2338); zu den Ergebnissen des neuen Kurses siehe: <https://cyberleninka.ru/article/n/administrativnaya-reforma-v-rossii-sovershenstvovanie-gosudarstvennogo-upravleniya-na-osnove-kontseptsii-novogo-gosudarstvennogo>.

<sup>101</sup> Siehe das einschlägige föderale Gesetz vom 29.12.2017, SZRF 2018, Nr. 1, Pos. 63; Eckstein, Verwaltungsverfahrensgesetz (Anm. 99), S. 29 f.

<sup>102</sup> SZRF 2015, Nr. 10, Pos. 1391. Es ist am 15.9.2015 in Kraft getreten.

<sup>103</sup> Umfassend zu der Reform: Grichenko, Elena: Gerichtsverfassungsreform in Russland und Aufbau der Verwaltungsgerichtsbarkeit: aktuelle Entwicklungen, in: Baller, Oesten/Breig, Burkhard (Hrsg.): Justiz in Mittel- und Osteuropa, Berlin 2017, S. 113-133; zur früheren Rechtslage siehe auch Schmidt, Carmen: Verwaltungsrecht und Verwaltungsprozessrecht, in: Nußberger, Einführung in das russische Recht (Anm. 89), S. 79 ff.



Von den zahlreichen Materien des Besonderen Verwaltungsrechts steht das Polizei- und Ordnungsrecht dem Allgemeinen Verwaltungsrecht und wegen seiner großen und nicht selten prekären Nähe zu den Menschenrechten und Grundfreiheiten auch dem Verfassungsrecht besonders nahe. Es wird daher an dieser Stelle in den Überblick einbezogen. Dazu besteht aber auch deswegen Anlass, weil Präsident Medvedev die Initiative dazu ergriffen und den Versuch unternommen hat, das noch aus der Sowjetepoche stammende „Gesetz über die Miliz“ von 1991 durch ein modernes „Polizeigesetz“ zu ersetzen. Es ist am 7. Februar 2011 von ihm unterzeichnet worden<sup>104</sup>. Medvedevs Initiative verdient von vornherein Anerkennung, weil die Polizeibehörden und ihr Personal in Russland schon seit langem als unreformierbar galten und nicht selten die resignative Einschätzung zu hören war, man müsse die Miliz auflösen, sie als Polizei von Grund auf neu organisieren und das Personal vollständig auswechseln<sup>105</sup>.

Präsident Medvedev beauftragte den für die Miliz zuständigen Innenminister Russlands damit, einen Gesetzesentwurf vorzulegen. Abgesehen von der Umbenennung in „Polizei“, mit der allerdings der Wunsch nach einem rechtsstaatlichen Qualitätswechsel des Ressorts verbunden war, machte der Präsident Vorgaben, die sich mit Blick auf die Schwierigkeit der Aufgabe und das federführende Ministerium allerdings ziemlich bescheiden ausnahmen und außerdem sehr unbestimmt formuliert waren: 1. Stärkung der öffentlichen Kontrolle über die Polizei; 2. eine vollständige Aufzählung der Pflichten der Polizei; 3. eine „maximale Konkretisierung“ der Rechte der Polizei und 4. die Sicherstellung einer sorgfältigen Auswahl der neu einzustellenden Polizisten in beruflicher und charakterlicher Hinsicht.

Das Gesetz weist aus dem Blickwinkel der menschenrechtsfreundlichen Verfassung Russlands erhebliche Schwächen auf. Die Kapitel über die Pflichten und Rechte stehen ganz und gar in der sowjetischen Tradition. Sie sind lakonisch, teils als Pflichtaufgaben, teils als Befugnisse (Rechte), normiert, ohne bei den Befugnissen zu Grundrechtseingriffen zwischen Tatbestandsvoraussetzungen und Rechtsfolge zu unterscheiden. Die meisten Bestimmungen über Eingriffsbefugnisse sind unvollständig, weil sie auf tatbestandliche Voraussetzungen oder Rechtsfolgen verweisen, die in anderen, nicht genannten Rechtsakten normiert sind. Unter den Prinzipien des Polizeirechts nicht aufgeführt sind der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit und das Übermaßverbot. Aus rechtsstaatlicher Sicht erstaunlich und verwunderlich ist die Lücke deswegen, weil der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, rechtsgeschichtlich gesehen, aus dem Polizeirecht stammt!

Positiv fällt ins Gewicht, dass im Vergleich mit den allgemeinen Eingriffsbefugnissen die Vorschriften über die Anwendung von polizeilichem Zwang „rechtsstaatlicher“ ausgefallen sind, denn erstens sind die von den Beamten insofern einzuhaltenden Verfahren ausführlich geregelt, zweitens werden relativ ausführlich die tatbestandlichen Voraussetzungen für Zwangseingriffe bestimmt und drittens sind durchgehend die Grundsätze der Verhältnismäßigkeit und des Übermaßverbots berücksichtigt.

Eine ernste Schwäche des Gesetzes ist jedoch, dass es die Möglichkeit des gerichtlichen Rechtsschutzes nur erwähnt, ohne Einzelheiten zu nennen oder wenigstens auf das geltende Gesetz von 1993 zu verweisen, das die gerichtliche Anfechtung von Handlungen und Entscheidungen von Amtspersonen, welche Rechte und Freiheiten von Bürgern verletzen, zulässt.

<sup>104</sup> Föderales Gesetz über die Polizei: SZRF 2011, Nr. 7, Pos. 900. Es ist am 1.3.2011 in Kraft getreten.

<sup>105</sup> Ausführlich zur Kritik an der Miliz Luchterhandt, Russlands erstes Polizeigesetz (Anm. 45); ferner Gall, Caroline v.: Das geplante russische Polizeigesetz – auf der Suche nach Freund und Helfer, in: Osteuropa Recht 2010, S. 404-411 m. w. N.





Die von Präsident Medvedev in Angriff genommene Polizeireform ist stecken geblieben. Immerhin kann man feststellen, dass das Polizeigesetz von 2011 eine höhere rechtsstaatliche Qualität als das Milizgesetz der RFSFR von 1991 besitzt, jedoch ist es noch weit entfernt von einem Gesetz, das den rechtsstaatlichen Vorgaben der föderalen Verfassung gerecht wird.

### c. Straf- und Strafprozessrecht sowie Ordnungswidrigkeitenrecht

Nachdem 1997 ein neues Strafgesetzbuch und im gleichen Jahr auch ein neues Strafvollzugsgesetzbuch in Kraft getreten war<sup>106</sup>, fehlte an der Gesamtkodifikation des Strafrechts noch die Strafprozessordnung. Zwar war an einer solchen, wie nicht anders zu erwarten, parallel zum StGB-Entwurf gearbeitet worden, aber die im Falle der StPO naturgemäß besonders sensibel berührten institutionellen Interessen der Staatsanwaltschaft, der Gerichte und der Ermittlungsbehörden erschwerten eine Einigung. Die Veränderung der politischen Kräfteverhältnisse in der Staatsduma und im Föderationsrat nach dem Wechsel zur Präsidentschaft Vladimir Putins ermöglichte den Durchbruch. Am 1. Juli 2002 trat die StPO in Kraft. Sie stellt gegenüber dem noch aus der Sowjetzeit stammenden Vorgängergesetz eine bedeutende Reform dar, die die von der Verfassung verkündeten Justizgrundrechte (Art. 47-54) in einem liberal-rechtsstaatlichen Geiste umsetzte. Starken Anteil daran hatte das föderale Verfassungsgericht, das in den 1990er Jahren unter dem maßgeblichen Einfluss seiner Vizepräsidentin und hoch angesehenen Strafprozessualistin, Tamara Georgievna Morščakova, in einer Kette einschlägiger Entscheidungen der Reform von 2001/2002 stark vorgearbeitet hatte. Die StPO kann als das bedeutendste Reformwerk in der ersten Amtszeit Präsident Putins bezeichnet werden.

Nach dem Abschluss der Kodifikationen ist die weitere Strafrechtsentwicklung während des Putin-Regimes erwartungsgemäß von einzelnen, aus aktuellen Problemlagen geborenen Novellierungen und durch einige spektakuläre Strafprozesse geprägt worden<sup>107</sup>. Insgesamt zeichnet sich die Entwicklung, das überrascht nicht, durch eine wachsende Tendenz zur Unterdrückung regimekritischer Aktionen und derjenigen gesellschaftlichen Gruppen aus, die nach Einschätzung der Strafverfolgungsorgane eine politische Gefahr für das Putin-Regime darstellen.

Einen vom Gesetzgeber inzwischen miteinander verschmolzenen Schwerpunkt bei den Novellierungen des StGB bildet die Bekämpfung von „Terrorismus“ und „Extremismus“. Seit dem Gesetz von 1998 über den „Kampf mit dem Terror“, besonders aber seit dem Wechsel zur Präsidentschaft Vladimir Putins haben der Gesetzgeber und die Präsidialexekutive kontinuierlich neben einem immer engermaschigen Netz von administrativen Maßnahmen auch die strafrechtliche Terrorbekämpfung erweitert. 2006 wurde ein neues, verschärftes Antiterrorgesetz erlassen<sup>108</sup>. Der Tatbestand des „Terrorakts“ (Art. 205 StGB) ist seitdem ein halbes Dutzendmal verschärfend novelliert und noch vorhandene Lücken mit sechs zusätzlichen Tatbeständen geschlossen worden (Art. 205.1 bis Art. 205.6 StGB). Aus dem Blickwinkel des rechtsstaatlichen Prinzips der Bestimmtheit eines Straftatbestandes (*nullum crimen sine lege*) sind die Tatbestände teilweise sehr bedenklich.

<sup>106</sup> Zum folgenden siehe auch Schroeder, Friedrich-Christian: Strafrecht und Strafprozessrecht sowie Strafvollzugsrecht, in: Nußberger, Einführung in das russische Recht (Anm. 89), S. 313-343.

<sup>107</sup> Bis 2020 ist das Strafgesetzbuch 252-mal, davon ganz überwiegend im Besonderen Teil, geändert worden. Das geschah, der herrschenden Gewohnheit des Gesetzgebers folgend, nicht durch systematisch ansetzende Reformgesetze, sondern meist punktuell.

<sup>108</sup> Zur Entwicklung ausführlich Luchterhandt, Otto: Das neue Terrorismusbekämpfungsgesetz Russlands vom 10. März 2006, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 48. Jg. (2006), Heft 2, S. 106-115.





Das gilt in noch weitaus höherem Maße für die administrative und strafrechtliche Bekämpfung des Extremismus<sup>109</sup>. Sie ist eine Errungenschaft der Ära „Putin“. Grundlage ist das Gesetz vom 25. Juli 2002 „über die Bekämpfung von extremistischer Tätigkeit“<sup>110</sup>. Art. 1 Abs. 1 definiert den Begriff und ist damit auch für die einschlägigen Straftatbestände der Art. 282.1 bis 282.3 StGB maßgebend. Demzufolge ist „extremistische Tätigkeit“ bzw. „Extremismus“ „eine Tätigkeit gesellschaftlicher und religiöser Vereinigungen oder anderer Organisationen oder von Masseninformationsmitteln oder von natürlichen Personen zur Planung, Organisation, Vorbereitung oder Begehung von Handlungen, die gerichtet sind auf: die gewaltsame Änderung der Grundlagen der Verfassungsordnung und die Verletzung der territorialen Integrität der Russländischen Föderation, auf die Untergrabung der Sicherheit der Russländischen Föderation, auf die Ergreifung oder Aneignung von Hoheitsbefugnissen, auf die Realisierung von terroristischer Tätigkeit, auf die Erregung von rassistischer-, nationaler oder religiöser Zwietracht, die mit Gewalt oder mit Aufrufen zur Gewalt verbunden ist, Herabsetzung nationaler Würde, Realisierung von Massenunruhen, rowdyhaften Handlungen und Akten von Vandalismus aus Motiven des ideologischen, politischen, rassistischen, nationalen oder religiösen Hasses und Feindschaft sowie aus Motiven von Hass oder Feindschaft gegenüber irgendeiner sozialen Gruppe, Propaganda der Exklusivität, der Überlegenheit oder der Minderwertigkeit von Bürgern wegen ihrer Beziehung zur Religion oder wegen ihrer sozialen, rassistischen, nationalen, religiösen oder sprachlichen Zugehörigkeit.“ In einem weiteren Absatz wird ferner die Propaganda von Nazi-Symbolen und ähnlichen Symbolen als Extremismus qualifiziert.

Die Definition ist im Zusammenhang mit dem Antiterrorgesetz vom Juli 2006 noch einmal drastisch erweitert worden<sup>111</sup>.

Es ist offenkundig: der Extremismus-Begriff ist uferlos. Er geht weit über den qualifizierten Gesetzesvorbehalt der Meinungsfreiheit (Art. 29 Abs. 2 Verfassung) hinaus, der einst durch Art. 282 StGB in korrekter Weise strafrechtlich konkretisiert worden war. Mit der Meinungsfreiheit und dem Rechtsstaatsprinzip ist der Extremismus-Begriff nicht zu vereinbaren<sup>112</sup>. Er ist verfassungswidrig.

Großes internationales Aufsehen erregte der spektakuläre Fall der „Pussy Riot“-Gruppe im Februar 2012, der folgende Prozess und die Diskussion um die Tatbestände der Beleidigung religiöser Gefühle von Gläubigen, Herabsetzung einer Gruppe wegen der Religion (Art. 282 StGB) und Rowdytum (Art. 213 StGB)<sup>113</sup>.

Die bedeutendsten Strafverfahren in der Ära „Putin“ waren zweifellos die Prozesse gegen die Spitzenmanager und Eigner des YUKOS-Konzerns, Michail Chodorkovskij und Platon Lebedev (2005; 2010)<sup>114</sup> und die Prozesse gegen den Blogger und Politiker Aleksej Naval'nyj (2013/2014)<sup>115</sup>. Der Prozess gegen Chodorkovskij und Lebedev war seit dem Prozess gegen die Schriftsteller Andrej Sinjavskij und Julij Daniël' in der UdSSR (Februar 1966) der erste Schauprozess, der in Russland stattfand und diese Bezeichnung verdient. Er begann damit, dass

<sup>109</sup> Schmidt, Carmen: Der Journalist, ein potentieller „Extremist“ – der russische Extremismusbegriff seit Juli 2006, in: Osteuropa Recht 2006, S. 407-415.

<sup>110</sup> SZRF 2002, Nr. 30, Pos. 3031.

<sup>111</sup> SZRF 2006, Nr. 31, Pos. 3447.

<sup>112</sup> Zutreffend die Kritik von Schmidt (Anm. 109)

<sup>113</sup> Im einzelnen Gall, Caroline v.: Vorerst gescheitert: »Pussy Riot« und der Rechtsstaat in Russland, in: Russland-Analysen Nr. 246 (2.11.2012). <https://www.laender-analysen.de/russland/pdf>

<sup>114</sup> Zusammenfassend mit umfassenden Nachweisen: Luchterhandt, Otto: Der YUKOS-Prozess gegen Michail Chodorkovskij (2003–2005; 2009–2010), in: Stiftung Kurt Groenewold/Alexander Ignor/Arnd Koch (Hrsg.): Online-Lexikon der Politischen Strafprozesse (Augsburg, Mai 2018), S. 1-24

<sup>115</sup> Luchterhandt, Missbrauch des Strafrechts: Das „System Putin“ im Kampf gegen Aleksej Naval'nyj (Anm. 79).



die Strafverfolgungsorgane im Ermittlungsverfahren demonstrativ, laufend und schwerwiegend gegen die Strafprozessordnung verstießen, die erst kurz vorher in Kraft getreten war<sup>116</sup>. Der Prozess hatte aber vor allem deswegen grundsätzliche Bedeutung, weil das YUKOS-Verfahren, wie oben bemerkt, den bis heute entscheidenden Wendepunkt in der Ära „Putin“ darstellt.

Von dem scharfen restriktiven und repressiven Kurs in der Strafrechtspolitik unter Präsident Putin zeugt in quantitativer Hinsicht am stärksten die Entwicklung des Ordnungswidrigkeitenrechts<sup>117</sup>. Das Ordnungswidrigkeitengesetzbuch ist völlig aus den Fugen geraten. Am 30. Dezember 2001 erlassen, ist es bis zum 1. April 2020 nicht weniger als 215-mal novelliert worden, im Schnitt also jeden Monat! Hatte der „Besondere Teil“ des OWiG am 1. April 2007 noch 436 Tatbestände gezählt, war ihre Zahl bis zum 12. April 2020 auf 734 Tatbestände angewachsen. Manche Tatbestände haben mitunter Dutzende von Absätzen und erstrecken sich nicht selten über mehrere Seiten. Das Gesetz ist unleserlich. Es ist ein abstoßendes Beispiel für eine Gesetzgebung, in welcher sich völlige Gleichgültigkeit gegenüber ihren Adressaten widerspiegelt.

#### d. Zivil- und Wirtschaftsrecht

In den 1990er Jahren, also in der Ära „Jelzin“, ist in erstaunlich kurzer Zeit die Kodifikation des Zivilrechts und damit verbunden die des Handels- und Wirtschaftsrechts auf den Weg gebracht worden. Es sollte an die Stelle des sozialistischen ZGB der RSFSR von 1964 treten und entsprechend der Verfassung von 1993 den Grundsätzen einer freien Bürgergesellschaft und einer von Privateigentum und Unternehmerfreiheit bestimmten Marktwirtschaft verpflichtet sein. Angelegt in vier Teilen wurde schon 1994 Teil I, d. h. der Allgemeine Teil des Zivilrechts und das Sachenrecht, verabschiedet und 1995 in Kraft gesetzt. 1996 folgte Teil II mit dem Schuldrecht. Damit verfügte man über den Kern einer modernen Privatrechtskodifikation. 2001, nun schon in der Ära „Putin“, folgten mit Teil III das Erbrecht und das Internationale Privatrecht, das Normenkollisionen mit anderen nationalen Zivilrechtsbüchern regelt, und 2006 Teil IV mit den Regelungen über das Urheberrecht und sonstige Erscheinungsformen von Geistigem Eigentum<sup>118</sup>. Ebenfalls fast noch zu Beginn der Ära „Putin“, nämlich am 25. Oktober 2001, war mit provozierender Symbolik am Jahrestag des kommunistischen Dekrets vom 25. Oktober 1917 über die Verstaatlichung des Bodens das Bodengesetzbuch der Russländischen Föderation erlassen worden<sup>119</sup>. Es war während der gesamten Ära „Jelzin“ heftig umkämpft und in der Staatsduma von der kommunistisch-nationalistischen Opposition aus KPRF und LDPR erfolgreich blockiert worden. Die Präsident Putin stützende, anfänglich wirtschaftsliberal orientierte neue Mehrheit in der Duma und der inzwischen von der Präsidialexekutive beherrschte Föderationsrat hatten den reformpolitischen Durchbruch erzielt. Das neue Bodenrecht ermöglichte die Realisierung des von der Verfassung bereits seit 1993 (Art. 9 Abs. 2; Art. 36) verkündeten Rechts auf privates Eigentum an Grund und Boden. Davon ausgenommen wurden der Landwirtschaft gewidmete Grundstücke. Das war ein Zugeständnis an die noch immer stark unter kommunistischem Einfluss stehende Agrarlobby, die den privaten „Farmwirtschaften“ ablehnend gegenüber stand<sup>120</sup>.

<sup>116</sup> Luchterhandt, Rechtsnihilismus in Aktion. Der Jukos-Chodorkovskij-Prozess in Moskau (Anm. 23), S. 27 ff.

<sup>117</sup> Siehe den aktuellen Gesetzestext bei: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34661](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661). (4.2.2021).

<sup>118</sup> Zum Folgenden siehe Trunk, Alexander: Über Medvedevs Reform des russischen Zivilgesetzbuches, in: Küpper, Herbert (Hrsg.): Von Kontinuitäten und Brüchen: Ostrecht im Wandel der Zeiten. Festschrift für Friedrich-Christian Schroeder zum 75. Geburtstag, Frankfurt am Main u.a. 2011, S. 195-216.

<sup>119</sup> SZRF 2001, Nr. 44, Pos. 4147 mit dem Einführungsgesetz vom gleichen Tage (Pos. 4148).

<sup>120</sup> Mit dem Inkrafttreten des Bodengesetzbuches konnte endlich auch das 17. Kapitel des ZGB Teil I („Recht auf Eigentum und andere Sachenrechte am Boden“) in Kraft treten. Präsident Jelzin hatte mithilfe des präsidialen Dekretrechts in gewissen Grenzen aber schon zuvor privates Bodeneigentum ermöglicht. Umfassend dazu Breig,



So eindrucksvoll die kodifikatorische Leistung der ja gerade erst dem sowjetischen Rechtssystem entwachsenen jungen russischen Zivilrechtswissenschaft und des Gesetzgebers war, haften der Kodifikation Mängel an, die unvermeidlich in dem stürmischen Übergang der 1990er Jahre zu einer im Ansatz marktwirtschaftlichen Ordnung zu Tage traten und alsbald dringenden Reformbedarf signalisierten. Diese Aufgabe zügig anzugehen und erfolgreich zu meistern, schien der Machtwechsel zu Präsident Dmitrij Medvedev zu versprechen, denn Medvedev war in St. Petersburg Dozent für Zivilrecht gewesen und mit Reformforderungen hervorgetreten<sup>121</sup>. Tatsächlich gab er nur wenige Wochen nach seinem Amtsantritt den Startschuss zu einer großen Zivilrechtsreform<sup>122</sup>. Ihr erklärtes Ziel war u. a. eine noch entschiedener Annäherung an die Privatrechtsstandards der Staaten der Europäischen Union. Unter der Ägide des „Rates für Kodifikation und Vervollkommnung der Zivilgesetzgebung beim Präsidenten der Russländischen Föderation“ wurde eine „Konzeption“ erarbeitet, die mit Ausnahme des Erbrechts sich auf alle Teile des ZGB erstreckte und den deklarierten Zielen in der Tat ein klares Profil gab.

Zwar nicht mehr während Medvedevs Amtszeit als Präsident, jedoch schon bald nach seinem Wechsel in das Amt des Ministerpräsidenten, nämlich im Dezember 2012, fanden einige bedeutende Reformvorschläge Eingang in den Allgemeinen Teil des ZGB<sup>123</sup>. So wurden die Vertragsfreiheit und Treu und Glauben im Rechtsverkehr, die in der Zivilrechtspraxis Russlands noch kein klares Profil hatten, in die Grundsätze des Zivilrechts aufgenommen (Art. 1 Abs. 1 bzw. Abs. 3 ZGB). Ferner wurde (ungeschriebenen) Bräuchen eine erweiterte Geltung im Rechtsverkehr zuerkannt (Art. 5 Abs. 1 ZGB) und neben dem Grundsatz der Publizität auch der Vertrauensschutz hinsichtlich der Richtigkeit der förmlichen Eintragung von Vermögensrechten in staatliche Register anerkannt (Art. 8<sup>1</sup> ZGB).

Die Zivilrechtsreform brachte mit diesen und weiteren Schritten in den folgenden Jahren<sup>124</sup> zwar einen beachtlichen Modernisierungsschub, aber sie hat eine breite Lücke, denn ausgespart blieb wiederum der für die Wirtschaftsordnung und Eigentumsverfassung Russlands bedeutendste Teil, nämlich die Reform des Sachenrechts (ZGB I, Abschnitt II)<sup>125</sup>. Mit Blick darauf spricht Prof. Suchanov, einer der Verfasser des ZGB, von einer „unvollendeten Reform“. Blockiert ist insbesondere die Einführung des Rechtsinstituts eines beschränkt dinglichen Baurechts zugunsten derjenigen Personen, die kraft langfristiger Verträge Pächter von Immobilien sind, welche sich im staatlichen oder kommunalen Eigentum befinden. Rechtlicher und zugleich wirtschaftlicher Hintergrund des Problems ist die Tatsache, dass in Russland noch immer ca. 90 Prozent des Grundes und Bodens sich im Eigentum der öffentlichen Hand befinden, mit der Folge, dass die Eigentümer eines auf öffentlichem Grund stehenden Gebäudes bei Ablauf der Pachtzeit wegen des gespaltenen Eigentums von Boden und Bauwerken sich in einer unsicheren Lage befinden. Sie wird juristisch dadurch erschwert, dass das Bodengesetzbuch Vorrang vor dem Zivilgesetzbuch hat. Immerhin ermöglicht es aber seit

Burkhard: Eigentum und andere dingliche Rechte an Grundstücken in Russland unter besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlich genutzten Böden, Berlin 2009.

<sup>121</sup> Zu Medvedevs Biographie bei Rekuta, Aleksandr: Dva prezidenta [Zwei Präsidenten], Moskau 2008, S. 24 ff.

<sup>122</sup> Dekret (ukaz) vom 18.7.2008 über die Vervollkommnung des Zivilgesetzbuches, Quelle: SZRF 2008, Nr. 29, Pos. 3482. Ausführlich dazu Suchanov, Evgenij A.: O nekotorych itogach reformy graždanskogo kodeksa RF [Über einige Ergebnisse der Reform des Zivilgesetzbuches RF], in: Deutsch-Russische Rechtszeitschrift 2016, Heft 1, S. 4-14 (4 f.).

<sup>123</sup> ZGB-Gesetzesnovelle vom 30.12.2012, SZRF 2012, Nr. 53, Pos. 7627. Im Mai 2014 und März 2015 folgten weitere Teile der Zivilrechtsreform.

<sup>124</sup> Von 1996 bis 2020 hat es 108 Novellierungen des Zivilgesetzbuches gegeben. Hervorzuheben sind die ZGB-Novellen vom 30.9.2013 zu Teil 3, IPR (SZRF 2013, Nr. 40, Pos. 5030), vom 12.3.2014 zu Teil 4, Geistiges Eigentum (SZRF 2014, Nr. 11, Pos. 1100), vom 5.5.2014 (SZRF 2014, Nr. 19, Pos. 2304), vom 23.5.2015 (SZRF 2015, Nr. 21, Pos. 2985), Gesetz vom 26.7.2017 zu Teil 2, Schuldrecht BT (SZRF 2017, Nr. 31, Pos. 4761).

<sup>125</sup> Suchanov, O nekotorych itogach reformy graždanskogo kodeksa RF (Anm. 122), S. 6ff.





2015, in Erbpacht befindliche öffentliche Grundstücke zu privatisieren. Die juristische Realität eines von der öffentlichen Hand abhängigen privaten Pachtbesitzes betrifft im Wirtschaftsleben Russlands nicht die großen Unternehmen, die sich mit dem Staat meist arrangiert haben, und erst recht nicht die Staatskorporationen, sondern vor allem die Kleinen und Mittleren Unternehmen.

Den Hintergrund der Meinungsverschiedenheiten in der ZGB-Reform bilden verschiedene, tendenziell konträre wirtschaftspolitische Vorstellungen und Konzeptionen. Sie wurden schon 2007, in der Schlussphase der zweiten Amtszeit Vladimir Putins, sichtbar und noch deutlicher während der folgenden „Tandemokratie“ von Präsident Dmitrij Medvedev und Ministerpräsident Putin. Auch wenn sich beide bemühten, nach außen den Eindruck einer gemeinsamen Linie zu vermitteln, waren die Gegensätze unverkennbar. Im Kern beruhten sie auf unterschiedlichen Vorstellungen von der Rolle des Staates in der Wirtschaft. Zwar bekannten sich die „Tandemokraten“ zur Modernisierung, Diversifizierung und Effektivierung der Wirtschaft, aber ihre Ansichten über die Wege dorthin waren sehr verschieden. Während Putin dem Staat die Hauptrolle bei der Modernisierung zuwies und an der strategischen Kontrolle der Präsidialexekutive über die Wirtschaft festhielt, wollte Medvedev den Staatsanteil an der Wirtschaft durch Privatisierung nachhaltig verringern, die interventionistische Steuerung der Wirtschaft von Seiten der Staatsführung auf ein sinnvolles Maß beschränken, den Unternehmen unter klaren rechtlichen Rahmenbedingungen die Freiheit lassen, nach ökonomischen Prinzipien ihre Entscheidungen zu treffen und die Entfaltungsmöglichkeiten der Kleinen und Mittleren Unternehmen nach Kräften fördern.

Exemplarisch zeigten sich die politischen Konzeptionsunterschiede in der Einstellung zu den sogenannten Staatskorporationen<sup>126</sup>. Der Name täuscht, denn es sind keine „Körperschaften“, weil sie keine Mitglieder haben, sondern (nach deutschem Verständnis) Anstalten des öffentlichen Rechts, d. h. durch Spezialgesetze errichtete und unternehmerisch tätige Organisationen, die mit ihrem vom Staat übertragenen und erwirtschafteten Vermögen bestimmte, im staatlichen Interesse liegende Aufgaben quasi monopolistisch erfüllen<sup>127</sup>. Staatskorporationen unterliegen demgemäß, anders als etwa Aktiengesellschaften, der Steuerung durch die föderale Exekutive.

Dies ist vermutlich der Hauptgrund, der Präsident Putin veranlasst hat, in der Schlussphase seiner zweiten Amtszeit, als er sich bereits dafür entschieden hatte, in das Amt des Ministerpräsidenten hinüberzuwechseln, ein halbes Dutzend Staatskorporationen errichten zu lassen: Vnešekonombank, RosNano, Olimpstroj, RosAtom usw.<sup>128</sup>.

Dmitrij Medvedev, den Präsident Putin inzwischen zum stellvertretenden Ministerpräsidenten ernannt hatte, konnte die plötzliche Errichtung von Staatskorporationen als Affront empfinden, denn es war kein Geheimnis, dass er ein Gegner von Staatskorporationen war, weil sie in einem marktwirtschaftlich ausgerichteten Zivil- und Wirtschaftsrecht Fremdkörper waren. Zwei Jahre später, inzwischen Präsident Russlands, äußerte sich Medvedev am 12. November 2009 in seiner „Botschaft“ (poslanie) an die beiden Kammern der Föderalversammlung – Staatsduma

<sup>126</sup> Rechtsgrundlage ist 1999 eingefügte Art. 7<sup>1</sup> des Gesetzes über Nichtkommerzielle Organisationen vom 12.1.1966. Siehe SZRF 1999, Nr. 28, Pos. 3473. Eingehend Luchterhandt, Otto: Russlands Staatskorporationen: Rechtliche und wirtschaftspolitische Aspekte, in: Mitteilungen der Vereinigung für deutsch-russisches Wirtschaftsrecht e. V. (Hamburg), 22. Jg. (2011), Nr. 49/50 (Mai 2011), S. 13–22.

<sup>127</sup> In den Kategorien des deutschen Verwaltungsrechts müsste man von „Anstalten“, also von Subjekten der mittelbaren Staatsverwaltung zur Erfüllung bestimmter im Interesse des Gemeinwohls liegender Aufgaben sprechen (z. B. Geldinstitute; Medieneinrichtungen; Kulturförderung; Forschungskomplexe).

<sup>128</sup> Die Gründungen erfolgten zwischen Mai und Dezember 2007.





und Förderationsrat, auch zu den Staatskorporationen<sup>129</sup>. Zu jener Zeit hatte die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise auch Russland voll im Griff, und Medvedev nahm das zum Anlass, sich grundsätzlich mit dem in Russland besonders großen Staatssektor in der Wirtschaft zu befassen. Er beschrieb die beiden Extreme, zwischen denen die Wirtschaftspolitik hindurch steuern müsse: einerseits dürfe man das Gut aller Bürger nicht „verschleudern“ (*razbazarivaja*), andererseits sei „es aber auch sinnlos, eine gewaltige Masse Eigentum ohne eine Perspektive seiner Modernisierung [in Staatsbesitz] zu halten... Was nun die Staatskorporationen betrifft, halte ich diese Form unter den heutigen Bedingungen für perspektivlos. Diejenigen Korporationen, die einen durch Gesetz bestimmten, zeitlich begrenzten Rahmen ihrer Tätigkeit haben, müssen mit der Erfüllung ihrer Tätigkeit liquidiert werden, und diejenigen, die in einem kommerziellen Umfeld unter Wettbewerbsbedingungen arbeiten, müssen mit der Zeit in vom Staat kontrollierte Aktionsgesellschaften umgewandelt werden. Im weiteren Verlauf bleiben sie entweder im Staatssektor, und zwar dort, wo wir das brauchen, oder sie werden an private Investoren veräußert.“

Medvedev behandelte die Streitfrage zwar mit diplomatischem Geschick, aber die Situation war politisch delikat, und zwar umso mehr, als entsprechend der traditionellen Rollenverteilung in der Exekutive für die Wirtschaftspolitik eigentlich der Ministerpräsident, nun also Putin, zuständig war. Nun wurde er von Präsident Medvedev damit beauftragt, für die einen Kompromissvorschlag vorzulegen: „Man muss verstehen, welche Struktur des Staatssektors unseren strategischen Aufgaben entspricht. Ich beauftrage die Regierung, Entscheidungen vorzubereiten, die die Optimierung des Umfanges und die Effektivität der Beteiligung des Staates an der Tätigkeit von kommerziellen Organisationen gewährleisten.“

Es ist bemerkenswert, dass Putin sich dem Auftrag nicht widersetzt, sondern ihn ein Jahr später mit der Vorlage eines entsprechenden „Fahrplans“ erfüllt hat. Er ist allerdings nur marginal realisiert worden. „RosNano“ wurde zwar schon im März 2011 in eine Offene Aktiengesellschaft (OAO) umgewandelt, aber es war nur eine formaljuristische Privatisierung, weil die Aktien zu 100 Prozent staatliches Eigentum blieben. „OlimpStroj“ wurde 2014 nach den Olympischen Spielen in Sotschi aufgelöst. Die „VnešĖkonomBank“ und der Einlagensicherungsfonds blieben dagegen ebenso Staatskorporationen<sup>130</sup> wie „RosAtom“ und der Technologiegigant „RosTech“, und mit „RosKosmos“ kam 2015 eine neue Staatskorporation hinzu<sup>131</sup>. Medvedev hat als Ministerpräsident das außerhalb des ZGB<sup>132</sup> stehende Rechtsinstitut „Staatskorporation“ öffentlich nicht mehr kritisiert.

Als Relikt eines (quasi-)sowjetischen Traditionsbestandes im ZGB hat sich bis heute der staatswirtschaftliche Unternehmenstyp des (staatlichen oder kommunalen) „Einheitsunternehmens“ (*unitarnoe predpriatie*) gehalten. Es hat die Rechtsnatur einer juristischen Person, besitzt aber als solche kein eigenes Eigentum, sondern wirtschaftet mit dem ihm zugewiesenen staatlichen oder kommunalen Eigentum. Das Unternehmen existiert entweder in der Form der Wirtschaftlichen Rechnungsführung (Art. 114 ZGB) oder der Operativen Verwaltung (Art. 115 ZGB). Anwendung findet das „Einheitsunternehmen“ besonders bei den „Strategischen Unternehmen“, die zusammen mit den im Staatseigentum

<sup>129</sup> Text der Poslanie vom 12.11.2009: <https://regnum.ru/news/polit/1224331.html>.

<sup>130</sup> Die VĖkonomBank wurde am 28.11.2018 in „Staatskorporation Entwicklung VĖB.RF“ umbenannt. Siehe SZRF 2018, Nr. 49, Pos. 7524).

<sup>131</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/Государственная\\_корпорация](https://ru.wikipedia.org/wiki/Государственная_корпорация) (форма некоммерческих организаций в России) Список госкорпораций России [Verzeichnis der Staatskorporationen Russlands].

<sup>132</sup> Kapitel 4 ZGB über die Juristischen Personen gilt seit der ZGB-Novelle vom 5.5.2014 für Staatskorporationen subsidiär (Art. 3 Punkt 6 der Novelle).



befindlichen „Strategischen Aktiengesellschaften“<sup>133</sup> und den Staatskorporationen den wirtschaftlichen Kern des Militärisch-Industriellen Komplexes bilden.

Sieht man von dem Staatssektor ab, der sich wie ein erratischer Block ausnimmt und wesentlich dazu beiträgt, der Präsidialexekutive die Kontrolle über die „Kommandohöhen“ in der Wirtschaft Russlands zu sichern, kann man feststellen, dass das Zivil- und Wirtschaftsrecht unter Einschluss des Gesellschafts-, des Handels- und des Registerrechts insgesamt die Standards eines modernen, marktwirtschaftlichen Rechts und die Erwartungen daran erfüllt. Auch ist festzustellen, dass der Gesetzgeber, seit Jahren von einer kompetenten Zivilrechtswissenschaft effektiv unterstützt, dem aus dem Wirtschaftsleben und der Rechtspraxis signalisierten Änderungs- und Reformbedarf weitgehend und auch zeitnah Rechnung trägt<sup>134</sup>. Die in mancher Hinsicht bestehenden Reformblockaden, namentlich im Sachenrecht, spiegeln reale Machtverhältnisse wider, die sich aus einer engen Verflechtung und Interessengemeinschaft der Großunternehmen Russlands mit der Präsidialexekutive und dem Staatssektor ergeben.

### III. Rechtskultur – historische Wurzeln und heutiges Profil

Der Begriff und die Kategorie der „Rechtskultur“ wird hier nicht in einem normativ-wertenden, auszeichnenden, sondern in einem deskriptiv-neutralen Sinne gebraucht<sup>135</sup>. Er dient zur Erfassung und Beschreibung der Phänomene, die in objektiver und subjektiver Hinsicht das Rechtswesen und dessen Institutionen, seine typischen Charakterzüge, seine Wirkungen und sein Ansehen auf Seiten der Staatsfunktionäre, der gesellschaftlichen Gruppen und der Bürger insgesamt kennzeichnen. Sie alle, die staatlichen Organe, die juristischen Institutionen, die sozialen Schichten und Gruppen der Bevölkerung wirken in verschiedener Weise und unterschiedlich nachhaltig auf die nationale Rechtskultur ein. Ihr jeweiliger Beitrag und Anteil hängt naturgemäß davon ab, wie eng sie im Alltag mit der Rechtssetzung, Rechtsanwendung, Rechtsdurchsetzung, Rechtswahrnehmung, Rechtsbeachtung und Rechtspflege verbunden sind. Parlamentsabgeordnete, Richter, Rechtsanwälte, Rechtsgelehrte, Verwaltungsbeamte, Staatsanwälte und Polizisten sind insofern anders zu beurteilen als Bürger, die in ihrem Arbeitsleben und privaten Alltag keinen spezifischen beruflichen Bezug zur Rechtsanwendung haben und mit der Rechtsordnung nur insofern in Berührung kommen, als sie die Gesetze und sonstige vom Staat erlassene Rechtsvorschriften zu beachten und zu erfüllen haben. Ausnahmslos alle aber sind von dem mächtigen Strom der Vergangenheit beeinflusst und mitgeprägt, ohne sich ihrem Einfluss entziehen zu können, und zwar selbst dann nicht, wenn sie fragwürdigen Stereotypen der überkommenen Rechtskultur kritisch gegenüberstehen und danach streben, sich von ihnen zu lösen. Was grundsätzlich, ohne Ausnahme für alle Länder und Völker dieser Erde gilt, hat für die aus dem Zarenreich und aus dem Sowjetstaat hervorgegangene Russländische Föderation und ihre Rechtskultur ganz besonderes Gewicht.

Es ist jedenfalls kein Zufall, dass Darstellungen der Rechtskultur des heutigen Russlands mehr oder weniger weit in die Vergangenheit zurückzugehen pflegen. Sie lenken den Blick auf soziale, ökonomische, politische und juristische Erscheinungen, die besonders einschneidende

<sup>133</sup> Das durch Dekret des Präsidenten RF vom 4.8.2004 bestätigte Verzeichnis wies 514 Strategische Unternehmen und 549 AGs aller Branchen auf, aber Verteidigung und nationale Sicherheit bildeten Schwerpunkte. SZRF 2004, Nr. 32, Pos. 3313. Das Verzeichnis ist bis 2020 ca. 180-mal geändert worden.

<sup>134</sup> Von 1996 bis 2020 hat es 108 Novellierungen des Zivilgesetzbuches gegeben.

<sup>135</sup> Mankowski, Peter: Rechtskultur. Eine rechtsvergleichend-anekdotische Annäherung an einen schwierigen und vielschichtigen Begriff, in: Juristenzeitung (JZ) 64. Jg. (2009), S. 321-331; derselbe: „Rechtskultur“ – Annäherung an einen schwierigen Gegenstand, in: Luchterhandt, Otto (Hrsg.): Rechtskultur in Russland: Tradition und Wandel, Hamburg 2011, S. 5-17.



und tiefe Spuren in der Rechtsordnung, im Rechtsbewusstsein und Alltagsverhalten der Menschen des Landes hinterlassen haben und allem Anschein nach bis in die Gegenwart hinein machtvoll fortwirken. Ein Phänomen, das die Rechtskultur Russlands bis heute besonders stark beeinflusst und belastet, ist eine tiefsitzende, alle Gruppen und Schichten der Gesellschaft durchziehende negative Einstellung gegenüber Gesetz und Recht. Es ist heute in Russland weit über die Rechtswissenschaft hinaus unstreitig, dass das Phänomen ein unglückseliges Erbe sowohl der Zarenzeit als auch der Sowjetepoche ist und mächtig in die Gegenwart hineinwirkt. Man spricht von „Rechtsnihilismus“. Kein geringerer als Dmitrij Medvedev hat ihn 2008, am Vorabend seiner Wahl zum Präsidenten Russlands, laut beklagt. Wörtlich sagte er<sup>136</sup>: „Ich habe wiederholt über die Wurzeln des Rechtsnihilismus in unserem Lande gesprochen, der weiterhin einer der Charakterzüge unserer Gesellschaft (sic!) ist. Wir müssen die Verletzung des Gesetzes aus unseren nationalen Gewohnheiten (sic!) streichen, denen unsere Bürger bei ihrer tagtäglichen Tätigkeit (sic!!!) folgen.“

#### **a. Rechtsnihilismus - morastiger Untergrund der Rechtskultur Russlands und seine Wurzeln in Zarenreich und Sowjetstaat**

Der Begriff „Rechtsnihilismus“ ist nicht von Medvedev geprägt und auch nicht erst von ihm in die russische Publizistik eingeführt worden. Der Ausdruck kam vielmehr zu Beginn der Perestroika auf, und zwar nach Michail Gorbatschows politischem Durchbruch auf dem ZK-Plenum der KPdSU im Januar 1987. Medvedev näherte sich zu jener Zeit dem Ende seines Jurastudiums in Leningrad. In dem traditionell die Funktion von ideologisch-politischen Direktiven erfüllenden Leitartikel der Zeitschrift „Kommunist“, dem theoretischen Zentralorgan der KPdSU und Pflichtlektüre aller Parteikader, ist in der Ausgabe vom Mai 1987 erstmals ausführlich vom „Rechtsnihilismus“ die Rede. Hinter der absichtlich phrasenhaften und daher eher unauffälligen Überschrift „Demokratie lernen, die Gesetzlichkeit festigen“ verbarg sich eine scharfe, brisante Kritik an den mangelhaften aktuellen Rechtszuständen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft<sup>137</sup>. Ungewöhnlich war, dass die offenkundig dem Reformflügel der Partei zuzurechnenden Autoren als Hauptschwäche im Rechtswesen dezidiert den „Rechtsnihilismus“ als eine vielgestaltige, die ganze Epoche des Sowjetrechts prägende Erscheinung und Eigenart ausmachten. Wie ein Roter Faden ziehe er sich seit der Oktoberrevolution bis in die Gegenwart. Sogar die damals offiziell immer noch vertretene marxistisch-leninistische Doktrin vom „Absterben des Rechts“ auf dem Wege zum Kommunismus nahm die Kritik nicht aus und machte sie für den Rechtsnihilismus im Lande mitverantwortlich<sup>138</sup>! Der Leitartikel beklagte das weithin fehlende oder schwache Rechtsbewusstsein auf Seiten der Bürger, ihre Nichtachtung gegenüber dem Recht, Unkenntnis und Desinteresse an den Gesetzen, abfällige Urteile über die Juristen sowie negative Einstellungen gegenüber Gerichten, Staatsanwaltschaft, Miliz (Polizei) und Verwaltungsbehörden. Trotz dieser Schelte der Bürger ließ der Artikel aber keinen Zweifel daran, dass der Rechtsnihilismus der Bevölkerung vom Rechtsnihilismus der Obrigkeit herrührte. Das war eine ungewöhnliche Selbstkritik, durch die sich die Darstellung des Problems von bisherigen ideologisch-politischen Grundsatzartikeln unterschied<sup>139</sup>.

<sup>136</sup> Rede vom 15.2.2008 auf dem 5. Wirtschaftsforum im sibirischen Krasnojarsk (Anm. 36), S. 33 f.; Luchterhandt, Der Zustand der Rechtsstaatlichkeit in Russland (Anm. 32), S. 526 f.

<sup>137</sup> Kommunist 1987, Nr. 5, S. 3-14 („Učit' sja demokratii, utverzdat' zakonnost'“). Die Zeitschrift war das theoretische Zentralorgan der KPdSU. Ihre redaktionellen, immer namenlos abgedruckten Leitartikel kamen wegen ihrer ideologisch-politischen Zielsetzung verbindlichen Weisungen der Parteiführung nahe.

<sup>138</sup> A.a.O. S. 10-12.

<sup>139</sup> Auf dieser Linie bewegten sich weitere Artikel, die in den folgenden Monaten das Thema aufgriffen. Aus ihnen hervor ragt der Aufsatz von Tumanov, Vladimir Aleksandrovič: O pravovom nigelizme [Über den Rechtsnihilismus], in: Sovetskoe Gosudarstvo i Pravo [Sowjetstaat und -recht, SGiP] 1989, Nr. 10, S. 20-27. Tumanov war von





Rechtsnihilismus wurde während der „Perestroika“ zu einem geflügelten Wort in der Publizistik<sup>140</sup>. Seine Hauptursachen wurden zwar in der Sowjetepoche geortet, wurzeln aber tief in den Eigentümlichkeiten der Staats-, Gesellschaft- und Rechtsgeschichte des Zarenreiches. Ihre Grundzüge sind von Historikern außerhalb Russlands im Vergleich und Kontrast zu den Entwicklungen in Mittel- und Westeuropa, aber auch von russischen Autoren oft beschrieben und in der Regel beklagt worden. Die Hauptpunkte können daher knapp zusammengefasst werden<sup>141</sup>:

1. Prägung durch die byzantinische Geisteswelt und ihr Staatsverständnis, zu deren Hauptkennzeichen die symbiotische Verbindung von Staat und Kirche sowie die theologisch begründete Distanz des orthodoxen Christentums gegenüber dem Recht und seinen Institutionen zählten<sup>142</sup>;
2. Prägung durch die 250 Jahre währende rechtsferne Oberherrschaft der Tataren („Mongolenjoch“), d. h. durch eine raum- und kulturfremde Fremdherrschaft, durch die der ostslawische Raum von der abendländischen christlichen Welt isoliert und die allgemeine zivilisatorische Entwicklung im Vergleich mit Mittel- und Westeuropa nachhaltig gehemmt wurden;
3. Etablierung einer despotischen, auf nackter Zwangsgewalt beruhenden Herrschaft nach tatarischem Vorbild auch nach der Abschüttelung der Fremdherrschaft, d. h. die Ausgestaltung des Verhältnisses zwischen Herrscher und Beherrschten nicht als zweiseitiges, wechselseitiges Rechtsverhältnis, sondern als ein einseitiges, von Gnade bestimmtes Unterwerfungsverhältnis und darauf fußend ein seit dem „Moskauer Zentralstaat“ (15./16. Jahrhundert), selbstverständliches, absolutistisches Macht- und Herrschaftsverständnis;
4. Eigentumslosigkeit und dementsprechend auch Rechtlosigkeit der Bauern, d. h. der erdrückenden Mehrheit der Bevölkerung, aufgrund des Instituts der Leibeigenschaft (крепостническое право), kraft dessen sich in Russland der Rechtsstatus des Leibeigenen vom Sklaven nur graduell, nicht substantiell unterschied<sup>143</sup>;
5. Sehr späte Anerkennung der Masse der Russen als Rechtspersonen, d.h. als Träger von Rechten und Pflichten (Aufhebung der Leibeigenschaft durch die „Bauernbefreiung“, 1861),

---

1995 -1997 Vorsitzender des Verfassungsgerichts Russlands und danach bis 1998 Richter beim Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte in Straßburg. Er hat das Verdienst, das Phänomen des Rechtsnihilismus als erster in einem systematischen Überblick ausführlich beschrieben zu haben.

<sup>140</sup> Einen guten Überblick liefert die Dissertation von Gulina, Ol'ga Rifmirovna (Ufa): *Istoričeskie komi i osobennosti pravovogo nigrizma v sovremennoj Rossii* [Historische Wurzeln und Besonderheiten des Rechtsnihilismus im heutigen Russland]. Autoreferat kandidatskoj dissertacii, Ufa 2002. Die Autorin war Assistentin von Prof. Marat Mučarovič Utašev, Inhaber des Lehrstuhls für Menschenrechte an der Staatsuniversität Baškortostans, der eine Reihe von Arbeiten zum Rechtsnihilismus angeregt hat.

<sup>141</sup> Erläuterungen und Vertiefungen der einzelnen Punkte des Katalogs liefern die zahlreichen Standardwerke der Geschichte Russlands. Verwiesen sei hier nur auf: Hellmann, Manfred/Schramm, Gottfried/Zernack, Klaus (Hrsg.): *Handbuch der Geschichte Russlands* in sechs Bänden, Stuttgart 1981-2004;

<sup>142</sup> Die äußerste Distanz der Russischen Orthodoxen Kirche selbst gegenüber dem eigenen Recht zeigt sich bereits in der Tatsache, dass das Kirchenrecht an den Geistlichen Akademien erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts Gegenstand von Lehrveranstaltungen war und eine wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Kirchenrecht erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann. Dazu Cypin, Vladislav: *Kurs cerkovnogo prava. Učebnoe posobie* [Kurs des Kirchenrechts. Ein Lehrbuch], Klin 2004, S. 25 ff.

<sup>143</sup> Eine wirklichkeitsnahe Darstellung des rechtlosen Alltags in der Leibeigenschaft liefert der Schriftsteller Sergej Timofeevič Aksakov in seinem berühmten Roman: *Semejnaja chronika* [Familienchronik], 1852; deutsche Übersetzung: Frankfurt/M. 1961.





der erst nach der Russischen Revolution von 1905 die volle Zuerkennung eines individuellen Rechts auf Eigentum an Grund und Boden folgte („Stolypinsche Reformen“, 1906-1910)<sup>144</sup>;

6. Rudimentäre Entwicklung einer strukturell auf individueller Freiheit und Privateigentum beruhenden bürgerlichen Gesellschaft, die wegen ihrer geringen Autonomie gegenüber der Autokratie des monarchischen Staates bis zu dessen Ende (1917) kein Gegengewicht ausbilden konnte,

7. Überwiegend negative Einstellung der vorrevolutionären, in Opposition zur zarischen Autokratie stehenden russischen „Intelligentsija“ zum Recht<sup>145</sup>.

Das ganze Gewicht dieser Prägungen Russlands unter der Zarenherrschaft und ihre Auswirkungen auf die Rechtskultur vor der Machtergreifung der Bol'seviki in der Oktoberrevolution wird erst sichtbar, wenn man die für Mittel- und Westeuropa bestimmend gewordenen geistigen, sozio-politischen und sozio-ökonomischen Revolutionen seit dem Mittelalter in den Blick nimmt, deren Fehlen in Russland zu konstatieren ist:

1. Auseinandertreten und Trennung von geistlicher und weltlicher Gewalt seit dem Investiturstreit;
2. Mächtiger – direkter und indirekter - Einfluss des Römischen Rechts auf die Eigentumsverfassung und die allgemeine Rechts- und Gesellschaftsentwicklung durch mehrfache, sich über Jahrhunderte erstreckende Rezeptionen<sup>146</sup>;
3. Starke und breite Stadtentwicklung mit Herausbildung einer autonomen, republikanischen Bürgerkultur („Stadtluft macht frei“)<sup>147</sup>;
4. Renaissance;
5. Humanismus;
6. Reformation, in der sich geistige Traditionen der Renaissance und des Humanismus mit der theologischen Re-Interpretation des lateinischen Christentums verbanden;
7. Etablierung einer jenseits von Theologie und kirchlicher Autorität begründeten Rechtslehre („rationales Naturrecht“);
8. Liberale, von den Ideen der Menschenrechte, des Privateigentums an Produktionsmitteln und der Gewaltenteilung beherrschte Revolutionen und Herausbildung autonomer bürgerlicher Gesellschaften;

<sup>144</sup> Gross, Hellmut: Die Stolypinschen Agrarreformen, in: Schramm, Gottfried (Hrsg.): Handbuch der Geschichte Russlands. Band III 1856-1945, 1. Halbband, Stuttgart 1983, S. 419 ff.; Heller, Klaus: Dominante Prägungen der Rechtskultur in Russland: Der Blick des Historikers, in: Luchterhandt, Otto (Hrsg.): Rechtskultur in Russland. Tradition und Wandel, Münster 2011, S. 37-64 (44ff.).

<sup>145</sup> Kistjakovskij, Bogdan: Zur Verteidigung des Rechts (Die Intelligentsija und das Rechtsbewußtsein), in: ББКХ. Wegzeichen. Zur Krise der russischen Intelligenz (1909), eingeleitet und übersetzt von Karl Schlögel, Frankfurt/M 1990, S. 212-250; Schlüchter, Anita: Recht und Moral. Argumente und Debatten „zur Verteidigung des Rechts“ an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert in Russland, Zürich 2008, S. 15 ff. Die Autorin konzentriert sich, wie der Untertitel mit Bezug auf Kistjakovskij zeigt, auf die damals bedeutendsten Kritiker des Rechtsnihilismus, die der liberal-rechtsstaatlichen Partei der Konstitutionellen Demokraten („Kadetten“) nahestanden. Der wohl prominenteste Vertreter eines (ethisch bestimmten) Rechtsnihilismus war der Schriftsteller Lev N. Tolstoj. Oberländer, Erwin: Tolstoj und die revolutionäre Bewegung, München/Salzburg 1965, S. 26ff, 229 ff.; Tumanov, V. A.: Pravovoj nigrizm v istoriko-ideologičeskom rakuze [Der Rechtsnihilismus in historischer und ideologischer Perspektive], in: Gosudarstvo i Pravo [Staat und Recht] 1993, Nr. 8, S. 52-58.

<sup>146</sup> Das Römische Recht kam spät in das Blickfeld russischer Juristen. Auf die praktische Rechtsentwicklung hatte das keinen nennenswerten Einfluss. Umfassend dazu: Avenarius, Martin: Fremde Traditionen des Römischen Rechts. Einfluß, Wahrnehmung und Argument des „rimskoe pravo“ im russischen Zarenreich des 19. Jahrhunderts, Göttingen 2014.

<sup>147</sup> Im Kontrast zur Stadtentwicklung in Russland: Feldbrugge, Ferdinand: A History of Russian Law. From Ancient Times to the Council Code (Ulozhenie) of Tsar Aleksei Mikhailovich of 1649, Leiden/Boston 2017, S. 408 ff (417 f.).



9. Entwicklung einer freiheitlichen Theorie der Rule of Law und des Rechtsstaates (John Locke; Immanuel Kant) als theoretische Grundlage der Entstehung des demokratischen Verfassungsstaates.

Vor diesem Hintergrund ist es für die Staats- und Rechtsentwicklung Russlands zutiefst tragisch, dass die mit der Februarrevolution von 1917 an die Regierung gelangten liberalen und gemäßigt sozialistischen Kräfte den von ihnen eingeleiteten Übergang zu einer demokratischen Republik und freiheitlichen Verfassung nicht auf eine feste Grundlage stellen konnten, sondern die Macht schon bald an eine Gruppe kommunistischer Berufsrevolutionäre verloren, die entschlossen waren, das in der Weltgeschichte bis dahin radikalste Programm des Rechtsnihilismus zu realisieren, und es tatsächlich auch ins Werk setzen konnten.

Unter dem von den Bol'seviki errichteten kommunistischen Herrschaftssystem hat der Rechtsnihilismus in Russland eine einzigartige und geradezu universelle Ausprägung erhalten. Er entfaltete sich schon unmittelbar nach der Oktoberrevolution schrittweise, aber stetig in fünf Dimensionen<sup>148</sup>: 1. theoretisch-ideologisch, 2. politisch, 3. sozio-ökonomisch, 4. personell und 5. institutionell:

**Zu 1:** In Gestalt der Theorie vom Absterben des Staates und des Rechts gehört der Rechtsnihilismus zum Kern des von den Bol'seviki zur verbindlichen Staatsideologie erhobenen Marxismus-Leninismus. Als Teil der Sowjetideologie wurde er „wissenschaftlich“ begründet und offiziell gelehrt. Ebenso wie der Staat sollte das Recht in der aufzubauenden kommunistischen Zukunftsgesellschaft verschwinden. An seine Stelle sollten die von den Werktätigen kraft tiefster Überzeugung vertretenen und gelebten sogenannten „Regeln des kommunistischen Zusammenlebens“ treten. Folglich waren Gesetz und Recht bis zum Anbruch jener Epoche der „klassenlosen Gesellschaft“ nur noch eine dem Untergang geweihte, negative Übergangserscheinung. Recht als Wertekanon, Regelsystem und Garantie eines zivilisierten menschlichen Zusammenlebens war ex ovo delegitimiert und ideologisch degradiert.

**Zu 2:** Die Ideologie des Marxismus-Leninismus und die Lehre von der „Diktatur des Proletariats“ stellten die „Macht der Arbeiterklasse“ und die Politik ihrer Partei prinzipiell, theoretisch und praktisch über das Recht. Sie machten das Recht zur willfährigen Dienerin einer wechselnden, sich revolutionär verstehenden, politischen Zweckmäßigkeit. Zur Hauptfunktion des Rechts in der sozialistischen Übergangsepoche erklärte man die Unterdrückung der sozialen und ideologischen Reste des Ancien Régime durch die von der Partei geführte, herrschende Arbeiterklasse<sup>149</sup>.

**Zu 3:** Die von der Ideologie des Marxismus-Leninismus ausgehende sozialrevolutionäre Stoßrichtung des Sowjetsystems ging auf die Ausschaltung der wirtschaftlichen und geistig-kulturellen Grundlagen der in der späten Zarenzeit langsam entstandenen, aber noch schwachen bürgerlichen Mittelschicht als der sozialen Hauptträgerin von Privateigentum und liberalem Rechtsdenken.

**Zu 4:** Durch Vertreibung, Einschüchterung und Terrorisierung der Angehörigen der juristischen Berufe und ihrer Institutionen (Behörden, Gerichte, Rechtsfakultäten usw.) ist durch den Wechsel zur Sowjetmacht der „Juristenstand“ aus der Zarenzeit bis auf marginale Reste beseitigt worden. An die Stelle traten Sowjetjuristen, die im Geiste eines instrumentellen,

<sup>148</sup> Luchterhandt, Otto: Künftige Aufgaben der Ostrechtsforschung, in: WGO. Monatshefte für Osteuropäisches Recht 38. Jg. (1996), S. 159-175 (174 f.).

<sup>149</sup> Als Hauptfunktion des sozialistischen Rechts nach dem Sieg der proletarischen Revolution galt die Unterdrückungsfunktion. Zu ihr trat im Zuge des Aufbaus des neuen Staatswesens die wirtschaftlich-organisatorische Funktion. Daneben hatte das sozialistische Recht noch eine (untergeordnete) kulturell-erzieherische Funktion zu erfüllen. Wesen des Rechts waren sein staatlicher Zwangs- und politischer Instrumentalcharakter. Dazu Westen, Klaus: Die sozialistischen Rechtsordnungen, in: David, René/Grasmann, Günther Hrsg.: Einführung in die großen Rechtssysteme der Gegenwart, 2. Auflage, München 1988, Teil II, m. w. N.



parteilichen und abwertenden Verständnisses von Gesetz und Recht ausgebildet und sozialisiert worden waren.

**Zu 5:** Nach der Zerschlagung der Einrichtungen des Ancien Régime haben die juristischen Institutionen des an die Stelle getretenen Sowjetstaates in theoretischer, organisatorischer, kompetenzieller und personeller Hinsicht einen dramatischen Qualitäts- und Niveauverlust erlitten und den in der späten Zarenzeit gerade erst erreichten Anschluss an die gemeineuropäischen Rechts Traditionen gleich wieder verloren.

## **b. Ungeschriebene Prinzipien der sowjetischen Rechtskultur**

Die mit Gewalt und Terror durchgesetzten geistigen, sozio-ökonomischen und politischen Veränderungen schlugen sich in der maßgebend unter der despotischen Herrschaft Josif Stalins geschaffenen Rechtsordnung der UdSSR in charakteristischer Weise nieder. Sie haben der sowjetischen Rechtskultur einige hervorstechende, eng miteinander verbundene und sich wechselseitig verstärkende Wesenszüge verliehen, die sich wie folgt zusammenfassen lassen<sup>150</sup>:

1. Entsubjektivierung und Etatisierung der Rechtsordnung durch eine jahrzehntelange, absolute Überordnung und Herrschaft des kollektiven Staatsinteresses über die Individualinteressen der Bürger<sup>151</sup>;
2. Politisierung und Ideologisierung des Rechts;
3. Propagandistische Instrumentalisierung des Rechts für die ideologische Indoktrinierung und konformistische, paternalistische Erziehung des Volkes;
4. Repressivität des Rechts, die phasenweise und sektoral bis zur Brutalisierung der Gesetze und ihrer terroristischen Anwendung gesteigert wurde und sich generell in der Verschiebung vom Privatrecht weg zur völligen Dominanz des Strafrechts niederschlug;
5. Egalisierung und Entdifferenzierung des Rechts bei gleichzeitig verdeckten, administrativ begründeten und gesteuerten breiten Privilegien für die sich schon seit Lenin strukturell herausbildende und verfestigende soziale Schicht der Funktionäre des Sowjetsystems, der sogenannten „Nomenklatura“<sup>152</sup>;
6. De-Ökonomisierung des Rechts durch die Marginalisierung der Bedeutung des Geldes, durch die Abschaffung des Privateigentums an Produktionsmitteln, insbesondere des Eigentums an Grund und Boden, und durch die Ersetzung der marktmäßigen privaten Austauschbeziehungen durch administrative, staatliche Güterverteilung;
7. Militanter Säkularismus des Rechts, d. h. die Verdrängung und Verbannung des Religiösen und religiös begründeter Moralvorstellungen aus Staat und Gesellschaft mit nachhaltigen Wirkungen bis tief in das Privatleben hinein;
8. Bürokratisierung des Rechts, indem es im Sowjetsystem typischerweise der im parteistaatlichen Auftrag auftretende Funktionär war, der den Bürgern mit höchster Autorität durch administrative Akte und Befehle verkündete, was „Gesetz“ und daher Recht war, nicht

<sup>150</sup> Luchterhandt, Künftige Aufgaben der Ostrechtsforschung (Anm. 148), S. 171 f.

<sup>151</sup> Der für die Verwaltungs- und Rechtskultur Russlands für typisch erklärte etatistische *Paternalismus* der Bevölkerung zeigt sich u.a. darin, dass im Rechtsbewusstsein der Bürger die sozio-ökonomischen Rechte auf staatliche Leistungen dominieren, während die Freiheitsrechte nur eine marginale Rolle spielen. Ol'ga Gulina (Anm. 141) stützt ihre Thesen auf breite rechtssoziologische Erhebungen im Süd-Ural und Westsibirien, an denen sie beteiligt war. Sie belegen konstant, dass maximal 10 bis 15 Prozent der Bevölkerung den klassischen liberalen Freiheitsrechten einen Wert bemisst, während die sozialen Grundrechte- wie in der Sowjetepoche – hoch im Kurs stehen.

<sup>152</sup> Grundlegend Meissner, Boris: Russland im Umbruch. Der Wandel in der Herrschaftsordnung und sozialen Struktur der Sowjetunion, Frankfurt/ 1951, S. 3 ff.; ferner Voslensky, Michael: Nomenklatura. Die herrschende Klasse der Sowjetunion, 2. Auflage, Wien 1984.





hingegen der Richter durch Urteil am Ende eines in einem fairen kontradiktorischen Verfahren nach Gesetz und Recht durchgeführten Prozesses.

### c. Einige typische Kennzeichen der heutigen Rechtskultur Russlands

#### 1. Vorbemerkung

Es liegt in der Natur einer tief verwurzelten und in Jahrhunderten gewachsenen Rechtskultur, dass sie selbst abrupte, revolutionäre Umbrüche in einem Staat überdauert und zumindest in Teilbereichen der neuen Staats- und Rechtsordnung eines Volkes weiterlebt. Das ist vor allem dann der Fall, wenn die rechtskulturellen Traditionen mit den neuen Verhältnissen nicht direkt und auffällig kollidieren, wenn mentale Stereotypen und zur Gewohnheit gewordene Verfahrensweisen in politischer Hinsicht neutral und mit der neuen Ordnung vereinbar erscheinen, und erst recht dann, wenn sie von den neuen Machthabern sogar als vorteilhaft wahrgenommen und geschätzt werden. Etablierte, noch funktionsfähige Institutionen wandeln sich in der Regel langsam. Der Übergang von der UdSSR zu ihren Nachfolgestaaten und namentlich zur Russländischen Föderation liefert für rechtskulturelle Kontinuitäten reiches Anschauungsmaterial<sup>153</sup>.

Aus dem Blickwinkel von Kontinuität und Diskontinuität bieten Rechtsordnung und Rechtskultur des postsowjetischen Russlands nach drei Jahrzehnten gleichwohl ein durchaus differenziertes Bild. Die vorausgegangenen Darstellungen zur Verfassungsentwicklung und zur sonstigen Rechtsentwicklung unter Präsident Putin belegen das. Von der untergegangenen Sowjetunion unterscheidet sich das Bild wesentlich<sup>154</sup>. Maßgebenden Anteil daran haben an erster Stelle die Einführung der Marktwirtschaft mitsamt einer darauf abgestimmten Zivilrechtskodifikation, ein völlig neues, modernes Wirtschaftsrecht und die Einrichtung von Wirtschaftsgerichten, welche mit den Organen der Staatsarbitrage der sowjetischen Planwirtschaft mit Ausnahme des Namens nichts mehr gemein haben. Weitere bedeutende Neuerungen sind die bundestaatliche Organisation der Russländischen Föderation mit einer Bundesverfassung und einem Verfassungsgericht auf der zentralen Ebene, das mit seiner sehr aktiven und inzwischen drei Jahrzehnte währenden Verfassungsrechtsprechung ein völlig neues Element in der russischen Rechtskultur darstellt. Institutionelle Elemente der Kontinuität und Beharrung repräsentieren demgegenüber die Sicherheitsorgane, voran die Geheimdienste, die Armee und die Polizei, die Organe der Staatsanwaltschaft, des Ermittlungskomitees und des Strafvollzuges sowie die ordentlichen Zivil- und Strafgerichte.

Indem die Rechtskultur eines Staatswesens und Volkes Elemente der Rechtsordnung in den Blick nimmt, die nicht auf einzelne, konkrete Rechtsgebiete beschränkt sind, sondern über sie hinausgehend *strukturelle* Erscheinungen erfasst und thematisiert, müsste sich der folgende Überblick systematisch mit sämtlichen Strukturelementen der russischen Rechtsordnung befassen, also mit Rechtssetzung, Normenvollzug, Rechtsprechung und Kontrolle sowie mit den Einrichtungen der Rechtswissenschaft und ihren Publikationsorganen und auch der universitären Ausbildung des juristischen Nachwuchses. Eine derartige umfassende Darstellung wäre sicherlich wünschenswert, liefe aber auf eine Monographie hinaus. Die vorliegende Abhandlung hat ein bescheidenes Ziel. Sie beschränkt sich darauf, einige besonders aussagekräftige und daher wichtige Strukturelemente von Rechtskultur exemplarisch herauszugreifen und zu analysieren sowie einige juristische Vorgänge und Fälle darzustellen,

<sup>153</sup> Einen Überblick über die russische Rechtskultur gibt Nußberger, Einführung in das russische Recht (Anm. 89), S. 6ff (Nußberger).

<sup>154</sup> Diese Schlussfolgerung ergibt sich völlig eindeutig aus der Zusammenfassung, die Angelika Nußberger am Ende der von ihr herausgegebenen Einführung in das russische Recht präsentiert. A.a.O. S. 345 ff.





die in der Ära Präsident Putins nicht nur in Russland, sondern auch international hohe Aufmerksamkeit erhalten haben.

## 2. Eigentümlichkeiten in der Rechtsetzung (Gesetzgebung)

Eingedenk der Tatsache, dass in der heutigen Welt die staatliche Rechtsetzung im Positiven wie im Negativen den wohl größten Einfluss auf die Rechtskultur eines Landes hat, beginnt der folgende Überblick mit einem kritischen Blick auf die Rechtssetzung des föderalen Gesetzgebers. Aus der vergleichenden Perspektive eines etablierten demokratischen Rechts- und Verfassungsstaates sind es in erster Linie Eigenarten vor allem rechtstechnischen Charakters, die ins Auge fallen und als Schwächen der Gesetzgebung bewertet werden können. Es ergibt sich folgender Katalog<sup>155</sup>:

(1) Eine starke Neigung zur Kasuistik indem Vorschriften<sup>156</sup> beispielhaft alle möglichen Rechtssubjekte als Adressaten aufzählen, um dann mit einer abstrakten Bestimmung der Adressaten zu schließen, die von vornherein ausgereicht hätte.

(2) eine starke Neigung zum Formalismus gepaart mit Umständlichkeit und vielen Wiederholungen, indem z. B. in einer inhaltlich eigentlich kurzen Regelung mehrfach in voller Länge von „den Organen der Staatsgewalt der Subjekte der Russländischen Föderation“ die Rede ist. So werden Vorschriften ohne Not ausgebläht, unübersichtlich, schwer lesbar, selbst für den nicht trainierten Leser ermüdend und insgesamt schwerer verständlich. Die Scheu, sich im praktischen Interesse leichter Verständlichkeit kurz zu fassen, führt bei Gesetzen, Dekreten des Präsidenten und besonders häufig bei Verordnungen der Regierung zu ausufernden, bis an den Rand der Unverständlichkeit gehenden Titeln (Überschriften). Die daraus in der Literatur bisweilen gezogene Konsequenz, nämlich nur noch das Gesetz mit seiner offiziellen Nummer zu zitieren, ist natürlich keine Lösung, sondern macht das geltende Recht noch unanschaulicher. Die Umständlichkeit der Gesetzessprache resultiert auch aus der traditionellen Neigung im russischen Recht zur Kasuistik, d.h. sich am Einzelfall zu orientieren und in weiter Distanz zu abstrakten Verallgemeinerungen dem rechtsanwendenden Bürokraten („činovnik“) und Richter möglichst Einzelfallregelungen an die Hand zu geben.

(3) Immer wieder stößt man auf das Phänomen, dass in Gesetzen einfache, selbstverständliche Verfahrensschritte und nebensächliche Ordnungsvorschriften mit einer bis zur Pedanterie gehenden Ausführlichkeit geregelt sind, während „gleich daneben“ aus rechtsstaatlicher Sicht besonders wichtige, einschneidende Regelungen, z. B. Ermächtigungen der Behörden zu Eingriffen in Grund- und Menschenrechte, administrative Zuständigkeitsregelungen, Kollisionsregeln, Sanktionsvorschriften und sonstige wichtige Verfahrenselemente sehr kursorisch, hochgradig unbestimmt, missverständlich, auch lückenhaft behandelt sind. Die unausweichliche Folge ist eine herabgesetzte Normativität, eine geschwächte Verbindlichkeit der Rechtsakte, mit der ungewollten Konsequenz, dass der Funktionär, der die Vorschriften anzuwenden hat, dazu ermutigt wird, die Vorschriften nach seinem persönlichen Dafürhalten zu handhaben. Das Ergebnis ist eine sich ausbreitende willkürliche Rechtsanwendungspraxis.

<sup>155</sup> Luchterhandt, Otto: Der Gesetzgebungsprozess in Russlands Duma und seine prägenden Besonderheiten, in: Luchterhandt, Otto (Hrsg.): Rechtskultur in Russland: Tradition und Wandel, Hamburg 2011, S. 79-107 (99 ff.). Der Überblick beruht außerdem auf den regelmäßigen, halbjährlichen Überblicken über die Gesetzesentwicklung in Russland, die der Verfasser seit 2016 zusammen mit Dmitrij Marenkov in der im Berliner Wissenschaftsverlag halbjährlich erscheinenden Deutsch-Russischen Rechtszeitschrift (DRRZ) dokumentiert.

<sup>156</sup> Die Gesetze und Verordnungen sind in Russland nicht in Paragraphen gegliedert, sondern in „Artikel“ (stat‘ja).



(4) Ein besonderes Problem stellen Unklarheiten hinsichtlich des Inkrafttretens von Gesetzen und untergesetzlichen Rechtsakten dar, wenn für das Inkrafttreten kein bestimmtes Datum, sondern nur allgemein der Tag der Veröffentlichung bestimmt ist. Es wird unter anderem dadurch verursacht, dass es verschiedene offizielle Veröffentlichungsorgane gibt, die zu unterschiedlichen Kalenderdaten erscheinen, der Gesetzgeber aber keine klare Regelung zum Umgang mit den Terminunterschieden getroffen hat. In der Fachliteratur schätzt man, dass die Regelungen über das Inkrafttreten in den Gesetzen selbst in ca. 15% der Fälle fehlerhaft sind.

(5) Nicht wenige Gesetze leiden darunter, dass ihre Vorschriften durch häufige Novellierungen immer weiter aufgebläht werden, manche Artikel hierarchisch in nummerierte „Teile“ (části), nichtnummerierte Absätze sowie Unterabsätze und Unter-Unterabsätze untergliedert sind und sich gelegentlich über mehrere Seiten erstrecken. Diese redaktionelle Praxis ist inzwischen typisch für die bedeutendsten Gesetze des Staatsrechtorganisationsrechts, namentlich zum Wahlrecht, zum Parteienrecht, zum Verhältnis von Föderation und Regionen, zur kommunalen Selbstverwaltung, zum Recht des öffentlichen Dienstes usw. leiden unter dieser Schwäche. Sie macht die Gesetze selbst für den Fachmann schwer verständlich.

(6) Ein weiteres, häufig anzutreffendes Phänomen ist die Oberflächlichkeit und Ungenauigkeit, mit welcher die Zuständigkeiten für die Ausführung des Gesetzes behandelt werden. Meistens wird insofern auf andere Vorschriften verwiesen, die selbst dann nicht konkret genannt werden, wenn sie in demselben Gesetz stehen. Weit verbreitet ist es, dass die Zuständigkeiten nicht in dem betreffenden Gesetz selbst geregelt werden, sondern in irgendwelchen, noch zu erlassenden untergesetzlichen normativen Rechtsakten der Exekutive.

Ungenauigkeit und Unübersichtlichkeit bei den Vorschriften über die Zuständigkeit führen nicht selten dazu, dass mehrere Behörden oder Institutionen sich für zuständig halten können. Teilweise ist das eine Quelle von Konflikten zwischen ihnen, teilweise hat das aber auch zur Folge, dass sich keine von ihnen verantwortlich fühlt, sodass im Ergebnis der Gesetzesvollzug leidet.

(7) Der während der Sowjetepoche üblich gewordene Begriff der „Gesetzgebung“ (zakonodatel'stvo) als Bezeichnung nicht nur für die formellen Gesetze (zakony), sondern darüber hinaus auch für die untergesetzlichen Rechtsakte der Exekutive hat sich bis zum heutigen Tage erhalten, am sichtbarsten kurioserweise in dem Namen des Veröffentlichungsorgans der föderalen Rechtsakte: „Sammlung der Gesetzgebung der Russländischen Föderation (Sobranie Zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii – SZRF)“. Das Veröffentlichungsjournal publiziert – in dieser Reihenfolge – nicht nur die föderalen Verfassungsgesetze und Gesetze, sondern auch die Beschlüsse der Staatsduma und des Föderationsrates, die Dekrete und Verfügungen des Präsidenten, die Verordnungen und Verfügungen der Regierung sowie im Anhang die Entscheidungen des föderalen Verfassungsgerichts. Natürlich ist das praktisch, aber mehrheitlich handelt es sich bei den abgedruckten Akten ihrer Rechtsnatur nach nicht einmal um Gesetze im materiellen Sinne (d. h. nicht um abstrakt-generelle Regelungen oder, nach russischer Terminologie, nicht um „normative Rechtsakte“), sondern um konkret-individuelle Staats- und Verwaltungsakte.

(8) Unverständliche, unleserlich gewordene Gesetze – Beispiele oben, infolge von permanenten hemmungslosen Novellierungen, die de facto aus dem Regierungs- und Präsidialapparat kommen.

Nach häufigen Novellierungen nicht üblich, bereinigte Neubekanntmachungen der betreffenden Gesetze zu veröffentlichen



(9) Immer häufigere Artikelgesetze, d. h. Novellierungen von bis zwei Dutzend Gesetzen, die sich zwar auf einen gemeinsamen Lebensbereich beziehen können, z. B. das Informationswesen, die Insolvenz von Unternehmen oder Rechtslage und Tätigkeit Kleinerer und Mittlerer Unternehmen (KMU), der aus dem neutral formulierten Gesetzestitel aber nicht hervorgeht.

(10) Starke Tendenz, im Falle der Änderung mehrerer Artikel eines Gesetzes für einige wenige Artikel oder gar für jeden einzelnen Artikel ein eigenes Gesetz zu erlassen. Letzteres ist für die Novellierung des Ordnungswidrigkeitenrechts und des Steuerrechts seit langem typisch.

(11) Ungewöhnlich häufige Novellierungen von Gesetzen, und zwar, wie sich oben in dem Überblick über die Verfassungsrechtsentwicklung gezeigt hat, besonders auf dem Gebiet des Staatsrechts, mit der auffälligen Tendenz, in einem repressiv-restriktiven Geiste die von Verwaltungsorganen und Bürgern zu beachtenden Verfahren immer strenger und rigider zu regeln und darauf bezogene administrative Kontrollkompetenzen zu verstärken.

(12) Kleinteiligkeit der Gesetzgebung, d. h. eher schwache systematische Durchdringung eines für regelungsbedürftig gehaltenen Lebensbereiches und dessen integrierte normative Strukturierung

Die aufgelisteten, die Gesetzgebung in formal-technischer Hinsicht prägenden Eigentümlichkeiten führen im Verbund miteinander und kumulativ zu einer für die Qualität der Rechtskultur Russlands aus dem Blickwinkel seiner Verfassungsprinzipien Demokratie und Rechtsstaat (Art. 1 Abs. 1 Verfassung RF) negativen Wirkung:

*erstens* erschwert die nicht selten hochgradige sprachlich-redaktionelle Umständlichkeit der Gesetzesbestimmungen den raschen Zugriff auf den Inhalt der neu erlassenen Gesetze und den Zugang zu einem klaren, sicheren Verständnis des Sinnes der neu erlassenen Regelungen;

*zweitens* leiden unter den häufigen Gesetzesänderungen die Übersichtlichkeit und Klarheit der Rechtslage;

*drittens* bleibt infolge des häufigen Gebrauchs von nicht selten unbestimmt bleibenden Verweisungsnormen die vom Gesetzgeber beschlossene Regelung unvollständig, mit der Folge, dass die Normativität und praktische Anwendbarkeit des Gesetzes starke Einbußen erleiden.

Bezogen auf das Ganze der postsowjetischen Rechtsordnung der Russländischen Föderation ziehen sich die aufgelisteten Eigentümlichkeiten und Schwächen allerdings nicht gleichmäßig und uniform durch alle Rechtsgebiete. Es ist vielmehr festzustellen, dass ein Gefälle besteht, nämlich, etwas vereinfacht gesagt, vom Staats- und Verwaltungsrecht zum Zivil- und Wirtschaftsrecht: Das heißt: die gesetzgeberischen Schwächen und Mängel treten in den Gesetzen des Staatsrechts und des Verwaltungsrechts, also im Öffentlichen Recht, am häufigsten und am auffälligsten in Erscheinung, weniger dagegen im Wirtschaftsrecht und am Geringsten im Zivilrecht.

Aus dem Blickwinkel des Demokratieprinzips und des mit ihm verbundenen normativen Interesses an Bürgernähe und Gemeinverständlichkeit des staatlich gesetzten, „positiven“ Rechts auch auf Seiten juristisch nicht vorgebildeter Personen führt der Befund zu der bedeutsamen Erkenntnis, dass die Gesetze, welche *erstens* die innere Organisation des Staatswesens in Russland auf der zentralen und, so darf man hier hinzufügen, auch auf der



regionalen Ebene regeln, und *zweitens* die Rechtsverhältnisse zwischen den Staatsorganen und den natürlichen Personen und den nichtstaatlichen juristischen Personen betreffen, strukturell die geringste Bürgernähe und den niedrigsten Grad an Transparenz, Klarheit und Durchschaubarkeit aufweisen, während diese Vorzüge umgekehrt am deutlichsten den Gesetzen des Zivilrechts und des Wirtschaftsrechts anhaften.

### 3. Eigentümlichkeiten der Rechtsanwendung (Gerichte; Verwaltungsbehörden usw.)

(1) Zu den bedeutendsten Eigentümlichkeiten der russischen Rechtskultur gehört eine tiefsitzende und daher fest verankerte „Neigung zur Bestrafung (карательный уклон)“ vom Regime inkriminierten störenden Verhaltens. Das Phänomen durchzieht strukturell das gesamte Rechtswesen – die Rechtsetzung ebenso wie die Verwaltungspraxis, die Arbeit der Polizei und der Justiz, also die Tätigkeit von Staatsanwaltschaft, Ermittlungsbeamten und Richtern. Die im ersten Teil der Abhandlung dargestellten Gesetze zur Reglementierung der demokratischen Grund- und Kommunikationsrechte des Menschen und Bürgers zeugen davon ebenso wie das scharfe, rücksichtslose Vorgehen von Polizei, Staatsanwaltschaft und Strafgerichten gegen Organisatoren und Teilnehmer z. B. von Versammlungen, die zwar korrekt angemeldet worden und grundrechtlich unbedenklich sind, aber von den Behörden aus politischen Erwägungen pauschal für unerwünscht gehalten und folglich willkürlich, d.h. im Widerspruch zur Verfassung, untersagt wurden und werden<sup>157</sup>.

(2) Unter dem Putin-Regime hat der Griff nach der Strafsanktion einen Grad erreicht, der selbst über die der spätsowjetischen Breschnew-Ära hinausgeht, und eine völlige Abkehr von der im Ansatz liberalen Strafrechtspolitik der Jelzin-Ära darstellt. Das belegen die folgenden dünnen Zahlen: Am 31. Dezember 2003, also am Ende der ersten Amtszeit Präsident Putins, umfasste der *Besondere Teil* des 1996 in Kraft getretenen und von Grund auf reformierten Strafgesetzbuches Russlands 260 Artikel (Straftatbestände)<sup>158</sup>. Danach ging ihre Zahl steil nach oben und lag am 31. Dezember 2020 bei 480 Artikeln<sup>159</sup>. Angesichts der Tatsache, dass sich das Putin-Regime seit dem Beginn der dritten Amtszeit (2012) kontinuierlich weiter verhärtet hat, dürfte sich die Zahl der Straftatbestände demnach schon in naher Zukunft verdoppelt haben. Die größten Steigerungsraten verzeichnen die Abschnitte über Straftaten in den Bereichen von Wirtschaft und Finanzen und über den Schutz der staatlichen Ordnung. Noch dramatischer ist die Steigerung im Verwaltungsstrafrecht, bei den „Ordnungswidrigkeiten“ (in bundesdeutscher Terminologie). Während der *Besondere Teil* des neuen, am 1. Januar 2002 in Kraft getretenen „Gesetzbuches über die administrativen Rechtsverletzungen“ (KoAP) am 31. Dezember 2006, gegliedert in 16 Abschnitte, 350 Tatbestände umfasste<sup>160</sup>, waren es am 31. Dezember 2020<sup>161</sup> mehr als das Doppelte: 780!

Die drastische Erhöhung auch der Tatbestände des Strafrechts schließt es aus, dass die Erhöhung der Tatbestände des Ordnungswidrigkeitenrechts Folge einer Politik der Dekriminalisierung des Strafrechts ist. Zwar hatte dieser reformpolitische Ansatz eine Zeitlang Bedeutung, aber das Putin-Regime hat sich von ihm definitiv verabschiedet und bewegt sich völlig im Traditionsstrom des „karatel'nyj ukлон“.

<sup>157</sup> Ausführlich Luchterhandt, Fortschreitende Aushöhlung des Grundrechts der Versammlungsfreiheit gemäß Art. 31 der Verfassung Russlands (Anm. 60).

<sup>158</sup> Hier benutzte Textausgabe Ugolovnyj Kodeks Rossijskoj Federacii [Strafgesetzbuch der Russländischen Föderation], Moskau 2004.

<sup>159</sup> StGB RF zum Stand vom 31.12.2020; Quelle: УК РФ 2021. Действующая редакция - Уголовный кодекс РФ (rulaws.ru).

<sup>160</sup> Hier benutzte Textausgabe des KoAP, Novosibirsk 2007.

<sup>161</sup> <https://koap-kod.ru/>.





(3) Ganz in der Tradition der „Neigung zur Bestrafung“ steht ein weiteres Charakteristikum der Rechtskultur Russlands: die absolute Seltenheit von Freisprüchen in Strafverfahren und die Selbstverständlichkeit, mit welcher die Strafrichter den Anklageschriften und Anträgen der Staatsanwaltschaft folgen. Nach offizieller Mitteilung der Ermittlungsbehörde RF sind 2013 in Strafprozessen 331.882 Personen verurteilt, hingegen nur 1857 freigesprochen worden<sup>162</sup>. 2017 klappten die Zahlen noch weiter auseinander: Rund 698.000 verurteilten Personen standen 1.600 Freisprüche gegenüber<sup>163</sup>. Ihr ohnehin schon extrem niedriger Satz von 0,4 halbierte sich noch einmal und fiel auf 0,2 %!

Während die föderale Ermittlungsbehörde mit einer an Zynismus grenzenden Unverfrorenheit die extrem niedrigen Zahlen von Freisprüchen mit der angeblich vorzüglichen, hochqualifizierten Arbeit der Ermittler im Stadium der Voruntersuchung erklärt<sup>164</sup>, machen Kritiker innerhalb und außerhalb Russlands vor allem die Abhängigkeit der Strafgerichte von der Anklagevertretung für den gegen Null strebenden Prozentsatz von Freisprüchen verantwortlich. Sie liegen näher bei der Wahrheit, denn sie können sich auf zahllose Berichte stützen: teils über Unfähigkeit und krasses Versagen der Ermittlungsbehörden, teils über ihre skrupellose Bereitschaft zur Fälschierung von Akten, zur Verdrehung von Sachverhalten, zur Manipulation von Beweismitteln, zur Beeinflussung und Bedrohung von Zeugen, zur Einschüchterung angeblicher Delinquenten und ihrer Angehörigen und über Maßnahmen der Verfolgung unbeteiligter, schuldloser Personen, vor allem durch die Fabrizierung von Beschuldigungen und Anklagen<sup>165</sup>. Die Zahlen spiegeln das gegenüber der Sowjetepoche unveränderte Autoritätsgefälle zwischen der „oben“ stehenden Staatsanwaltschaft und dem zu ihrem Erfüllungshelfen degradierten Gericht wider.

Der Karatel'nyj ukлон ist eine Haupthinterlassenschaft der Sowjetepoche. In Gestalt der Funktion des sozialistischen Staates, die vom Regime zum Hauptfeind erklärten „Überbleibsel“ des Kapitalismus, des mit ihm verbundenen bürgerlichen Individualismus und Gewinnstrebens auszumerzen („Unterdrückungsfunktion“), war er – bis zum Ende der Sowjetunion (!) – offizielle Doktrin des Marxismus-Leninismus, der Sowjetideologie.

In der Russländischen Föderation, die nach heutiger Doktrin des Kremls nicht mehr „Nachfolger“, sondern „Fortsetzer-Staat“ der UdSSR ist, ist die neu entstandene Schicht erfolgreicher Privatunternehmer Hauptobjekt und Hauptopfer der staatlichen Kontroll- und Strafverfolgungsorgane. In dem Maße, wie unter dem Putin-Regime die Hegemonie des Staatsapparates über die neu entstandenen marktwirtschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Strukturen errichtet wurde, haben Funktionäre vor allem der Sicherheits- und der Finanzorgane (Geheimdienste; Miliz (Polizei), Steuerfahndung; Staatsanwaltschaft, Ermittlungskomitee usw.) sich darauf spezialisiert, ihre hoheitlichen Kontrollkompetenzen und Sanktionsbefugnisse instrumentell dafür einzusetzen, erfolgreiche Unternehmen angeblicher Straftaten zu beschuldigen, ihre Firmenbüros zu durchsuchen, die Arbeitsunterlagen als Beweismittel zu beschlagnahmen und Unternehmer sowie Eigentümer Kleiner und Mittlerer Unternehmen in einem Zusammenspiel von FSB<sup>166</sup> und Ermittlungsbehörde, Staatsanwaltschaft und Strafrichten in Untersuchungshaft zu versetzen. Ihren wirtschaftlichen Ruin vor Augen, erklären sich die Unternehmer bereit, zumindest Teile ihres

<sup>162</sup> [https://www.bbc.com/russian/russia/2015/01/150120\\_markin\\_acquittal\\_rate\\_court\\_russia](https://www.bbc.com/russian/russia/2015/01/150120_markin_acquittal_rate_court_russia).

<sup>163</sup> <https://ptzgovorit.ru/news/rossiyskie-sudy-stali-rezhe-vynosit-opravdatelnye-prigovory>. Die Verdoppelung der Zahl der Strafprozesse in nur vier Jahren spiegelt die drastische Verschärfung des Repressionskurses im Wechsel zu Präsident Putins dritter Amtszeit wider.

<sup>164</sup> So der Sprecher des Ermittlungskomitees RF, Vladimir Markin, als dessen „Markenzeichen“ die zynische Verhöhnung der Öffentlichkeit gelten kann. Siehe Anm. 24.

<sup>165</sup> In jeder Hinsicht exemplarisch ist der von Veronika Malinina recherchierte Fall „S. G. Jurinson“ im Kraj Primor'e (2016/2017). НАДЗОР.ORG » Судьи не желают оправдывать Юринсона? (nadzor.org).

<sup>166</sup> Der Föderale Sicherheitsdienst (Federal'naja Služba Bezopasnosti – FSB) ist Hauptnachfolger des KGB.



Unternehmens an Konkurrenzunternehmen zu übertragen, die mit Verwandten oder „Geschäftspartnern“ von Sicherheitsfunktionären kooperieren. Weigern sie sich, das zu tun, weil sie sich für stark genug halten, den ihnen angedrohten, fabrizierten Strafprozess zu gewinnen, begeben sie sich auf einen Weg, an dessen Ende in der Regel ihre Verurteilung und damit der Verlust von persönlicher Freiheit und Eigentum stehen.

Ironischerweise lassen sich als „Kronzeugen“ der kriminellen Machenschaften in parastaatlicher Regie ausgerechnet Russlands Präsidenten Vladimir Putin und Dmitrij Medvedev zitieren. Denn seit den 2000er Jahren bis heute, also seit Anbeginn des Putin-Regimes, haben sie in ihren jährlichen, vom Staatsoberhaupt verfassungsgemäß an die beiden Kammern des Bundesparlaments („Föderalversammlung“) zu richtenden „Botschaften“ (poslanie) über die Lage Russlands<sup>167</sup>, über seine politischen Probleme, Erfolge und Misserfolge, jene für die Wirtschaft des Landes, für Investitionen, Eigentum und Geschäftsklima hochgradig schädliche Praxis wiederholt beschrieben, nachdrücklich verurteilt und Vorschläge für ihre Bekämpfung gemacht. Schon in seiner ersten Poslanie (2000) versprach der Präsident „die Befreiung der Unternehmer von der administrativen Unterdrückung“ (administrativnogo gnetja)<sup>168</sup>. Im darauffolgenden Jahr warf er den Beamten vor, ausschließlich an einer „Statusrente“ interessiert zu sein und die hoheitlichen Befugnisse durch Bestechung und Abzweigung von Geldern zu versilbern<sup>169</sup>. 2003 wiederholte er die Vorwürfe<sup>170</sup>, und 2005 griff er die Staatsdiener mit äußerster Schärfe an<sup>171</sup>: „Unsere Beamtenschaft (činovničestvo) stellt noch in einem bedeutenden Umfang eine verschlossene und geradezu arrogante Kaste (podčas nadmennuju kastu) dar, die den Staatsdienst als eine Spielart von Business betrachtet.“

Anfangs setzte Präsident Putin seine Hoffnung, Remedur zu schaffen, auf eine durchgreifende Erneuerung des praktisch unverändert aus der Sowjetepoche überkommenen Staatsdienstes und Beamtenapparates<sup>172</sup>. Die Kozaksche Verwaltungsreform, die die Zentralbehörden unter Einschluss ihrer Kompetenzen gänzlich umgestaltete, ist jedoch nicht nur gescheitert, sondern hat in den Fachministerien – mit Ausnahme der Sicherheitsressorts – zu chaotischen Verhältnissen geführt und wurde deswegen bald rückgängig gemacht<sup>173</sup>.

Präsident Medvedev machte zwar, obwohl er erklärtermaßen reformorientiert war, keinen neuen Anlauf zur Verwaltungsreform, setzte aber die Kritik an der Wirtschaftsfeindlichkeit der Staatsverwaltung fort<sup>174</sup>: „Zugleich lässt sich die staatliche Bürokratie – wie vor 20 Jahren – von demselben Misstrauen gegenüber dem freien Menschen, gegenüber freiheitlicher Aktivität leiten. Diese Logik verleitet sie zu gefährlichen Schlüssen und gefährlichen Aktionen. Periodisch versetzt die Bürokratie das Business in 'Alpträume' (košmarit biznes), damit es irgendwas *nicht so* macht; unterwirft sie die Medien ihrer Kontrolle, damit sie irgendwas *nicht so* sagen, mischt sie sich in Wahlen ein, damit man *nicht irgendwen für irgendwas* wählt, setzt Gerichte unter Druck, damit sie *nicht irgendwen für irgendwas* verurteilen, usw.“

<sup>167</sup> Art. 84 Buchstabe f) der Verfassung RF. Der feierliche Staatsakt folgt dem US-amerikanischen Vorbild der „State of the Union Message“. Föderationsrat und Staatsduma erkennen die in der „Botschaft“ vom Präsidenten formulierten „Aufträge“ traditionell als politisch verbindlich an.

<sup>168</sup> Quelle: Konsultant Plus: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_27823/#dst0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_27823/#dst0).

<sup>169</sup> Poslanie 2001, Text: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_30989/#dst0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_30989/#dst0).

<sup>170</sup> Poslanie 2003, Text: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_42280/#dst0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42280/#dst0).

<sup>171</sup> Poslanie 2005, Text: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_53088/#dst0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_53088/#dst0).

<sup>172</sup> Näheres oben unter II. b.

<sup>173</sup> Deswegen dürfte Präsident Putin in seinen Poslanija 2006 und 2007 über das Thema geschwiegen haben.

<sup>174</sup> Poslanie 2008, Text: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_81294/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_81294/).



Im Ergebnis ist der Staatsapparat in unserem Lande der größte Arbeitgeber, der aktivste Verleger, der beste Producer, sein eigenes Gericht, seine eigene Partei und letztlich auch sein eigenes Volk. Ein solches System ist absolut ineffektiv und produziert nur eins: Korruption. Es erzeugt massenhaften Rechtsnihilismus...“

Während Medvedev versuchte, durch verschärfte Korruptionsbekämpfung und Liberalisierung des Strafrechts Unternehmer besser vor missbräuchlichen behördlichen Repressionsmaßnahmen zu schützen, versuchte Präsident Putin es ab seiner dritten Amtszeit (2012) mit einer grundlegenden Reform des gesamten Kontrollwesens<sup>175</sup>. Durchgreifende Erfolge hatten sie beide nicht. In seiner Poslanie vom Februar 2019 stellte Präsident Putin ernüchtert fest<sup>176</sup>: „Geehrte Kollegen, um die weitreichenden Ziele zu erreichen, die vor dem Lande stehen, müssen wir uns von allem verabschieden, was Freiheit und Initiative der Unternehmerschaft beschränkt. Das ehrliche Business darf nicht ständig unter einem (StGB-) Artikel leben, nicht ständig die Gefahr der strafrechtlichen oder sogar [??] der administrativen Bestrafung fühlen. Ich habe die Aufmerksamkeit auf dieses Problem bereits in einer Poslanie gelenkt und entsprechende Zahlen genannt. Leider hat sich die Situation nicht wesentlich geändert.“

Das jüngste Gesetz von 2020 über die Grundlagen des gesamten Kontroll- und Aufsichtswesens, in welchem über 1 Million Arbeitnehmer beschäftigt sind<sup>177</sup>, wird daran substantiell nichts ändern. Es kann daran auch nichts ändern, weil das Putin-Regime sich auf eine Präsidialexekutive stützt, die den Gesetzgeber und auch die Gerichte beherrscht, alle echten, unabhängigen demokratischen und rechtsstaatlichen Kontrollmechanismen abgeschafft, unabhängige Medien bis auf inselartige Reste marginalisiert sowie autonome zivilgesellschaftliche Organisationen abgedrängt oder ausgeschaltet hat. Es liegt im Wesen eines solchen Systems, dass seine Repräsentanten und Funktionäre den Bürgern mit tiefstzudem Misstrauen und Angst vor naturgemäß unberechenbaren freiheitlichen Regungen gegenüberstehen.

## **d. Prominente Fälle von Rechtsnihilismus unter dem Putin-Regime**

„Der Fisch stinkt vom Kopfe her“, ist ein auch in Russland gebräuchliches Sprichwort. Schaut man auf den Stand und die Entwicklung der Verfassungs- und Rechtskultur unter dem Putin-Regime, dann fallen Vorgänge ins Auge, die jenem Sprichwort hohe Aktualität verleihen. In dem Maße und Grade jedenfalls, wie Vladimir Putin seine persönliche Macht gefestigt hat und die Hegemonie des Präsidentenamtes zu absoluter Dominanz im Staatswesen ausbaute, häufen sich die Fälle, in denen die Präsidialexekutive, bestimmt durch Motive reiner und nicht selten zynischer politischer Zweckmäßigkeit, zur Absicherung ihrer Machtinteressen das Recht zurechtbiegt, bricht und sich inzwischen immer weniger Mühe gibt, den äußerlichen Anschein von Gesetz und Recht zu wahren. Die folgenden spektakulären Fälle sind Belege dafür, dass selbst die höchsten Staatsorgane Russlands vor der offenen Demonstration von Rechtsnihilismus nicht mehr zurückschrecken.

### **1. Putin als parteiloser Parteidiktator an der Spitze der Kremlpartei „Edinaja Rossija“ (2008)**

Präsident Putin hat bei den Duma-Wahlen vom 2. Dezember 2007 auf Platz 1 der Liste der Kreml-Partei „Einheitliches Russland“ kandidiert und mit dem präsidentiellen

<sup>175</sup> Frucht der Bemühungen ist das kodifikatorische föderale Gesetz vom 31.7.2020 über die staatliche Kontrolle (Aufsicht) und die kommunale Kontrolle in der Russländischen Föderation, Text: SZRF 2020, Nr. 31, Pos. 5007.

<sup>176</sup> Text: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_318543/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318543/).

<sup>177</sup> Poslanie 2012: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_138990/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_138990/).





Propagandaapparat die Parlamentswahl zu einem Plebiszit der Wähler über seine Person als „nationaler Führer“ Russlands erklärt<sup>178</sup>. Es focht ihn nicht an, dass er die Kampagne gesetzwidrig als Staatspräsident und mit den Mitteln seines Amtes durchführte und dass er nicht einmal Mitglied der Kreml-Partei war. Zwar kann auch ein Parteiloser auf einer Parteiliste zur Duma kandidieren (Art. 7 Abs. 3, Art. 37 DumawahlG 2005), aber wenn er ein „staatliches oder kommunales Amt innehat“, darf er erstens die Vorrechte seines Amtes nicht während des Wahlkampfes ausnutzen“, und zweitens wird er bis zur Wahl „von der Erfüllung seiner Amtspflichten befreit“ (Art. 46 Abs. 1 und 2). Putin hat seine Amtsgeschäfte jedoch weiter ausgeübt, und offensichtlich hatte er von vornherein gar nicht die Absicht, das Abgeordnetenmandat anzutreten. Da gemäß der Verfassung allein der Präsident Russlands beanspruchen kann, im politischen Sinne als der „nationale Führer“ des Landes anerkannt zu werden und dafür die Präsidentschaftswahlen das legitime Forum sind, nicht aber die Parlamentswahlen, hat Vladimir Putin die Duma-Wahl dazu missbraucht, sich für die Zeit nach seinem für 2008 beschlossenen Rückzug vom Präsidentenamt einen seinen Nachfolger Dmitrij Medvedev überstrahlenden politischen Titel und Rang zuzulegen.

Auf dieser Linie ließ sich Putin am 14. April 2008, d. h. als noch amtierender Staatspräsident, zum „Vorsitzenden“ der Kreml-Partei „Einheitliches Russland“ wählen. Gleichwohl wollte er weiterhin parteilos bleiben, um nicht allzu sehr mit der inzwischen ziemlich unpopulär gewordenen „Partei der Macht“ identifiziert zu werden. Das war mit ihrer Satzung allerdings nicht vereinbar. Nach der ungeschriebenen Regel „Wo ein Wille ist, da ist auch ein Weg“ änderte die Partei kurzerhand, ohne Diskussion, die Satzung. Putins Wahl war jedoch formell unwirksam, weil die Satzungsänderung wegen ihrer ausstehenden Registrierung noch nicht in Kraft getreten war<sup>179</sup>.

Die Satzungsänderung war aber auch in materieller Hinsicht rechtswidrig, denn die Regelungen über den Parteivorsitz standen in einem schreienden Widerspruch zu den Grundprinzipien und Vorschriften des Parteiengesetzes<sup>180</sup>. Die Wahl eines Nichtparteiemitgliedes zum Vorsitzenden einer Partei ist schon als solche rechtlich widersinnig, ja absurd, denn die personelle Grundlage einer Partei sind selbstverständlich allein ihre Mitglieder. Dementsprechend haben sie das exklusive Recht, in die Führungsorgane der Partei gewählt zu werden (Art. 23 Abs. 5 ParteienG), und auf demselben Grundsatz beruht die Bestimmung, dass die Mitglieder nur einer Partei angehören dürfen (Art. 23 Abs. 6).

Die Kreml-Partei hat mit der Satzungsänderung die Absurdität der Regelung aber noch auf die Spitze getrieben, denn als „nationaler Führer“ und „parteiloser Parteivorsitzender“ erhielt Vladimir Putin diktatorische Vollmachten<sup>181</sup>: er führte den Vorsitz in allen Führungsgremien, bestimmte allein ihre Tagesordnungen, hatte das exklusive Vorschlagsrecht für alle Führungspositionen in der Partei, konnte nach Belieben die Befugnisse der Mitglieder aller Führungsgremien suspendieren und die Beschlüsse aller Organe aussetzen.

<sup>178</sup> Ivanov, Vitalij: Partija Putina. Istorija „Edinnoj Rossii“ [Die Partei Putins. Die Geschichte von „Einheitliches Russland“], Moskau 2008, S. 207 ff. („Triumph-2007“); ausführlich hierzu und zum Folgenden Luchterhandt, Der Zustand der Rechtsstaatlichkeit in Russland (Anm. 32), S. 530 ff.

<sup>179</sup> Novaja gazeta 2008, Nr. 27 (17.-20.4.), S. 2/3. Zuständig für die Registrierung ist das Justizministerium Russlands.

<sup>180</sup> Das Parteiengesetz vom 11.7.2001 (SZRF 2001, Nr. 29, Pos. 2950) stammte aus der reformerisch orientierten ersten Amtszeit Präsident Putins. Nun wurde es wie ein störendes Hindernis grob ignoriert.

<sup>181</sup> Vgl. Art. 7 der Parteisatzung. Text auf der Homepage der Partei „Edinaja Rossija“





## 2. Die Strafverfahren gegen Chodorkovskij und Lebedev (2005; 2010)

Am 31. Mai 2005 sind Chodorkovskij und Lebedev vom Gericht des Meščanskij Rayons der Stadt Moskau vor allem wegen der Hinterziehung von Steuern in schweren Fällen jeweils zu neun Jahren Freiheitsentzug verurteilt worden<sup>182</sup>.

Am 27.12.2010 wurden sie ein weiteres Mal verurteilt, und zwar unter Einbeziehung der Strafe aus dem 1. Strafprozess zu 14 Jahren Haft durch ein anderes Moskauer Gericht, des Stadtbezirks Chamovniki. Zugrunde lag dem Urteil zwar derselbe Sachverhalt wie im ersten Prozess, aber nun wurde er juristisch ganz anders qualifiziert: Chodorkovskij und Lebedev wurden verurteilt, weil sie das der JUKOS-Muttergesellschaft von den Tochtergesellschaften übertragene Erdöl angeblich veruntreut und im Ausland verkauft hätten. Im Unterschied zum Strafurteil des Meščanskij-Gerichts behauptete das Chamovniki-Gericht, Eigentümerin des Erdöls sei durch die Transaktionen nicht die JUKOS-Muttergesellschaft geworden, sondern deren Tochtergesellschaften geblieben. Damit entzog das Chamovniki-Gericht der früheren Verurteilung von Chodorkovskij und Lebedev wegen unterlassener Versteuerung des Erdöls den Boden, denn das Urteil des Meščanskij-Gerichts setzte voraus, dass die JUKOS-Muttergesellschaft das Erdöl als dessen Eigentümerin hätte versteuern müssen. Das Chamovniki-Gericht setzte sich damit auch in Widerspruch zu den Urteilen zahlreicher russischer Wirtschaftsgerichte und sogar zu dem offiziellen Rechtsstandpunkt Russlands im JUKOS-Verfahren vor dem Europäischen Menschenrechtsgerichtshof in Straßburg, die übereinstimmend die JUKOS-Muttergesellschaft als Eigentümerin des Erdöls betrachteten.

Das Strafurteil des Chamovniki-Gerichts ist in mehrfacher Hinsicht krass rechtswidrig: *Erstens* verurteilt es Chodorkovskij und Lebedev wegen eines gewöhnlichen geschäftlichen Verhaltens zu einer Strafe und verstößt damit gegen den klassischen rechtsstaatlichen Grundsatz „kein Verbrechen ohne Gesetz“. *Zweitens* verstößt das Urteil insbesondere gegen das Verbot der Analogie im Strafrecht (Art. 3 Abs. 2 StGB RF), denn es behandelt die Übereignung einer Sache zu einem niedrigen Preis juristisch ebenso wie die Veruntreuung anvertrauten fremden Eigentums. *Drittens* verstößt das Urteil gegen das Verbot des Art. 50 Abs. 1 der Verfassung Russlands, jemanden zweimal wegen derselben Sache zu bestrafen, denn diese war bereits Gegenstand des ersten Strafprozesses vor dem Meščanskij-Gericht. *Viertens* beraubt das Strafurteil Chodorkovskij und Lebedev ohne eine Rechtfertigung ihres verfassungsmäßigen Rechts auf Freiheit und persönliche Unantastbarkeit (Art. 20 Abs. 1 Verfassung RF). Ein Richter, der eine unschuldige Person zur strafrechtlichen Verantwortung zieht, begeht auch nach russischem Strafrecht ein schweres Verbrechen (Art. 299; 307 StGB).

## 3. Aktionen gegen den „Blogger“ und politischen Oppositionellen Aleksej Naval'nyj

Der Rechtsnihilismus zieht sich wie ein Roter Faden durch die Ära „Putin“. Seit dem Prozess gegen Michail Chodorkovskij und der Zerschlagung des YUKOS-Konzerns (2003-2005)<sup>183</sup> ist seine Spur immer breiter und tiefer geworden. Hatte das Regime sich bislang noch Mühe gegeben, seine nihilistische Einstellung zu Gesetz und Recht mit Instrumenten des Rechts zu bemänteln und verbergen, so hat es 2020/2021 die verschleiern Maskeraden weitgehend eingestellt: Die frontale Bekämpfung des inzwischen de facto zum Haupt der politischen

<sup>182</sup> Zu den Prozessen Luchterhandt, Der YUKOS-Prozess gegen Michail Chodorkovskij (Anm. 25), m. w. N.

<sup>183</sup> Der Verfasser hat es 2005 „postwendend“ auf den Punkt gebracht: Luchterhandt, *Rechtsnihilismus in Aktion*. Der Jukos-Chodorkovskij-Prozess in Moskau (Anm. 23); derselbe: *Verhöhnung des Rechts*. Der zweite Strafprozess gegen Michail Chodorkovskij und Platon Lebedev, in: Osteuropa, 61. Jahrgang (2011), S. 3-42.



Opposition im Lande aufgestiegenen Aleksej Naval'nyj<sup>184</sup> sowie die faktische Suspendierung der rechtsstaatlichen „Jelzin-Verfassung“ von 1993 und ihre förmliche Umwandlung in ein Dokument des autokratischen „Putin-Regimes“ legen davon gleichermaßen Zeugnis ab.

Während die Deformation der Föderalverfassung im nachfolgenden Schlusskapitel eingehend behandelt wird, wird an dieser Stelle ein Überblick über die Verfolgung Aleksej Naval'nyjs gegeben.

### aa. Der Strafprozess wegen „KirovLes“ (2012/2013)

Seit 2009 macht das Putin-Regime Anstrengungen, Naval'nyj mit Hilfe der Strafjustiz unschädlich zu machen<sup>185</sup>. Zwei Ermittlungsverfahren wurden ergebnislos eingestellt. Ende Mai 2012, gleich nach Putins Rückkehr ins Präsidentenamt, wurde ein neues Ermittlungsverfahren eingeleitet. Es führte am 18. Juli 2013 zur Verurteilung Naval'nyjs zu 5 Jahren Freiheitsentzug durch ein Rayongericht der Stadt Kirov (nordöstliches europäisches Russland) wegen einer (angeblich) gemeinschaftlichen, organisierten Veruntreuung von Holz im Wert von 16 Mio. Rubeln (Art. 160 Abs. 4 StGB RF). Im Oktober 2013 änderte das Kirover Gebietsgericht das Urteil ab und setzte die Freiheitsstrafe zur Bewährung aus.

Wie schon der Prozess gegen „Chodorkovskij-Lebedev“ demonstriert der Fall Naval'nyj in grotesker Weise, wie die Strafverfolgungsorgane aus alltäglichen Handelsgeschäften und Kaufverträgen kriminelle Handlungen fabrizieren.

Der Sachverhalt ist, knapp zusammengefasst, folgender: Das von dem Generaldirektor Opalev miserabel geleitete und stark verschuldete Staatsunternehmen „KirovLes“ (Kirovs Forsten) hatte im März 2009 an die von P. Oficerov gegründete private „Vjatka-Forst-Gesellschaft“ Holz für 15,7 Mio. Rubel verkauft. Der Kaufpreis wurde auch gezahlt. Naval'nyj, damals ehrenamtlicher Wirtschaftsberater des Gouverneurs von Kirov, hatte das Geschäft vermittelt. Vjatka-Forst verkaufte die Festmeter für 16 Mio. Rubel an diverse Kunden weiter.

Schematisch der Anklageschrift folgend, meinte das Gericht, Naval'nyj, Oficerov und Opalev hätten in krimineller Absprache das Holz weit unter Marktwert zu Lasten von KirovLes“ verkauft und dadurch „Veruntreuung“ begangen. Den Marktwert des Holzes hat das Gericht jedoch nicht ermittelt, sondern kurzerhand mit dem von „Vjatka-Forst aus dem Weiterverkauf erzielten Erlös gleichgesetzt. Dabei hat es die Kosten von „Vjatka-Forst und ihren Anspruch auf einen Gewinn ignoriert und den Schaden von KirovLes absunderweise mit 16 Mio. Rubeln beziffert, obwohl – unstreitig – 15,7 Mio. Rubel gezahlt worden waren. Völlig ignoriert hat das Gericht die in der Verfassung verankerte Privatautonomie und die darauf beruhende Vertragsfreiheit der Geschäftspartner.

<sup>184</sup> Schmidt, Friedrich: Die Basistruppe der Opposition, in: FAZ v. 1.9.2020, S. 3; derselbe: Mit Schlaueit gegen das System, in: FAZ v. 11.9.2020, S. 6; derselbe: Mit Nationalisten gegen Putin, in: FAZ v. 31.12.2020, S. 3.

<sup>185</sup> Aleksej Naval'nyj hat eine Ausbildung als Rechtsanwalt sowie als Finanz- und Wertpapierspezialist. Seine Einkünfte hat er darauf verwendet, Aktien russischer Großunternehmen zu kaufen und seine Stellung als Kleinaktionär dazu genutzt, illegale Praktiken von TOP-Managern aufzudecken und publik zu machen. Außerdem engagiert er sich in der Bekämpfung von Korruption bei der Vergabe von Staatsaufträgen. Naval'nyj ist außerdem in der außerparlamentarischen Opposition aktiv. Er hat der Kreml-Partei „Einheitsliches Russland“ das Etikett „Partei der Gauner und Diebe“ angehängt und damit ihren Autoritätsverfall stark beschleunigt. Naval'nyjs Blog wird inzwischen von Millionen gelesen. Zum Folgenden ausführlich Luchterhandt, Missbrauch des Strafrechts: Das „System Putin“ im Kampf gegen Aleksej Naval'nyj (Anm. 79), S. 99 – 115.



Infolgedessen fehlte es bei dem Geschäft offensichtlich an einer strafbaren Handlung, denn die Festmeter Holz waren weder unterschlagen noch veruntreut, vielmehr durch einen gewöhnlichen Kaufvertrag von Kirovles an Vjatka-Forst veräußert worden. Die Behauptung des Gerichts, der Kaufpreis sei nicht marktgerecht gewesen, war unzutreffend, aber auch irrelevant. Denn indem das Gericht die Übereignung des Holzes für einen – angeblich – zu niedrigen Preis mit Veruntreuung gleichgesetzt hat, hat es gegen das verfassungsrechtliche Verbot der Analogie im Strafrecht verstoßen (Art. 54 Abs. 2 Verfassung RF, Art. 3 Abs. 2 StGB RF).

Naval'nyj und Oficerov erhoben gegen die Strafurteile Beschwerde beim Europäischen Gerichtshof für Menschenrechte (EGMR). Er gab den Beschwerden statt und entschied am 23. Februar 2016, dass die Urteile das Menschenrecht auf ein faires Gerichtsverfahren (Art. 6 EMRK) verletzt hätten. Die entscheidende Passage der Urteilsbegründung lautet<sup>186</sup>: „The Court considers that in the present case the questions of interpretation and application of national law go beyond a regular assessment of the applicants' individual criminal responsibility or the establishment of corpus delicti, matters which are primarily within the domestic courts' domain. It is confronted with a situation where the acts described as criminal fell entirely outside the scope of the provision under which the applicants were convicted and were not concordant with its intended aim. In other words, the criminal law was arbitrarily and unforeseeably construed to the detriment of the applicants, leading to a manifestly unreasonable outcome of the trial.“

Dementsprechend verurteilte der EGMR Russland dazu, Naval'nyj und Oficerov Schadenersatz zu leisten.

#### bb. Der Strafprozess wegen „Yves Rocher Vostok“ (2013/2014)

Die Strafsache „Yves Rocher Vostok GmbH“ ähnelt strukturell dem Kirovles-Fall<sup>187</sup>. Am 1. August 2008 traten Aleksej Naval'nyj und sein jüngerer Bruder Oleg zu *Yves Rocher* in Geschäftsbeziehungen. Sie hatten im Mai 2008 die Fa. *Glavnoe Podpisnoe agentstvo* (im Weiteren: *Glavpodpiska*) mit Sitz in Moskau gegründet. Oleg Naval'nyj, hatte die Finanzakademie bei der Regierung Russlands absolviert, war zunächst bei dem Föderalen Staatsunternehmen *Počta Rossii* (Post Russlands) angestellt und Abteilungsleiter in einer ihrer Filialen.

*Glavpodpiska* hatte mit *Yves Rocher* einen Speditionsvertrag abgeschlossen (Art. 801 ff ZGB RF). In den bis 2012 bestehenden Geschäftsbeziehungen ging es um die Expedierung von Waren vor allem auf den Strecken Jaroslavl'-Moskau, Moskau-Jaroslavl'-Moskau und St. Petersburg-Jaroslavl', insgesamt ca. 1.500 Fuhren. *Glavpodpiska* bediente sich für die Warentransporte der *Auto Saga* GmbH auf Grund von Beförderungsverträgen (Art. 785 ZGB RF). Ihre Wagen hatten bislang Fleisch von Moskau nach Jaroslavl' gebracht und waren auf dem Rückweg gewöhnlich leer gefahren. Nun transportierten sie *Yves Rocher*-Waren. Die Geschäfte wurden von allen Beteiligten zuverlässig ausgeführt. Die Partner vereinbarten marktübliche Preise. Insgesamt zahlte *Yves Rocher* an *Glavpodpiska* 55.184.767 Rubel, *Glavpodpiska* an die *Auto Saga* GmbH 31.598.750 Rubel.

<sup>186</sup> Case of Navalny and Ofitserov v. Russia, Judgment, para. 115. Final. 04/07/2016; <https://hudoc.echr.coe.int/eng#%7B%22languageisocode%22%3A%22ENG%22%2C%22appno%22%3A%2246632%2F13%22%2C%2228671%2F14%22%2C%22documentcollectionid%22%3A%22CHAM-BER%22%2C%22itemid%22%3A%22001-161060%22%7D>.

<sup>187</sup> Luchterhandt, Missbrauch des Strafrechts: Das „System Putin“ im Kampf gegen Aleksej Naval'nyj (Anm. 79), S. 116-121.





Im Dezember 2012 leitete das Föderale Ermittlungskomitee gegen die Brüder Naval'nyj, als „organisierte Gruppe“, ein Strafverfahren wegen schweren Betruges (Art. 159 Abs. 4 StGB) und wegen Geldwäsche „in besonders großem Umfang“ (Art. 174<sup>1</sup> Abs. 4 StGB) ein. Die Brüder hätten der Fa. *Yves Rocher Vostok* zwischen 2008 und 2012 einen Vermögensschaden in Höhe von 55.184.767 Rubeln zugefügt. Der Geschäftsführer von *Yves Rocher Vostok*, Leproux, ließ intern die zwischen 2008 und 2012 entstandenen Kosten ermitteln und mit den Preisen anderer Unternehmen vergleichen. In dem Bericht vom Januar 2013 wurde festgestellt, dass die mit *Glavpodpiska* vereinbarten Preise gegenüber vergleichbaren Unternehmen bis zu achtzehn Prozent niedriger waren und *Yves Rocher* aus den Geschäftsbeziehungen mit *Glavpodpiska* weder ein Schaden entstanden noch ein Gewinn entgangen sei. Der Anwalt von *Yves Rocher* teilte das dem föderalen Ermittlungskomitee mit.

Gleichwohl erhob die Staatsanwaltschaft im Oktober 2013 gegen die Brüder Naval'nyj Anklage vor dem Gericht des Moskauer Stadtbezirks Zamoskvoreč'e wegen Betruges durch Vereinbarung (angeblich) erheblich überzogener Preise für ihre Vermittlungsleistungen zulasten von *Yves Rocher* (Art. 159 Abs. 4 StGB) und wegen Geldwäsche (Art. 174<sup>2</sup> Abs. 2). Die Staatsanwaltschaft ignorierte die zivil- und handelsrechtliche Korrektheit der von *Glavpodpiska* geschlossenen Verträge ebenso wie die Korrektheit der von *Glavpodpiska* vorgetragenen Tatsachen und forderte für Aleksej zehn, für Oleg Naval'nyj acht Jahre Freiheitsentzug.

Das am 30. Dezember 2014 verkündete Urteil stimmte zwar mit der Falldarstellung der Staatsanwaltschaft vollständig und über weite Strecken sogar wörtlich, bis hin zu Rechtschreibfehlern, mit der Anklageschrift überein, qualifizierte die Tat aber milder, nämlich als „Betrug in der Sphäre der unternehmerischen Tätigkeit“ (Art. 159<sup>4</sup> StGB), und verurteilte Aleksej Naval'nyj nur zu dreieinhalb Jahren Freiheitsentzug auf Bewährung. Oleg Naval'nyj erhielt dasselbe Strafmaß, jedoch ohne Bewährung. Das Gericht begründete das unterschiedliche Strafmaß nicht<sup>188</sup>.

Die Brüder Naval'nyj legten gegen die Verurteilung Beschwerde ein und hatten ebenfalls Erfolg. Der EGMR entschied am 17. Oktober 2017<sup>189</sup>, dass die Verträge mit *Yves Rocher Vostok* sich von gewöhnlichen zivilrechtlichen Geschäften nicht unterschieden hätten. Mit seiner entgrenzten, unbegründeten und nicht mehr vorhersehbaren Auslegung des Betrugstatbestandes habe das Strafgericht gegen das grundlegende Prinzip des „nullum crimen sine lege“ (Art. 7 EMRK) und gegen das Recht auf ein faires Verfahren (Art. 6 EMRK) verstoßen: „Consequently, the decisions reached by the domestic courts in the applicants' criminal case were arbitrary and manifestly unreasonable.“

Das Gericht verurteilte Russland, den Brüdern Naval'nyj, abgesehen von der Erstattung der Prozesskosten, jeweils 10.000 € Entschädigung zu zahlen. Die russische Regierung ließ das Strafurteil – wie auch im Falle „KirovLes“ und in vielen früheren Fällen der Verurteilung in Straßburg – in Geltung. Sie zahlte jedoch die Entschädigung, womit sie – immerhin – die Entscheidung des EGMR implizit anerkannte.

<sup>188</sup> Art. 73 Abs. 2 StPO RF gestattet, die Strafe zur Bewährung auszusetzen, wenn die gesellschaftliche Gefährlichkeit der Tat weniger schwer erscheint und die Persönlichkeit des Täters eine mildere Einschätzung zulässt. Das Gericht ließ Aleksej Naval'nyj in Freiheit und ignorierte damit die ihm vom Kreml zugeschriebene politische Gefährlichkeit, wohl um ihm nicht das Image eines „politischen Märtyrers“ zu verleihen. Zutreffend die Vermutung von Triebel, Benjamin: Nawalny außer Gefecht, in: NZZ v. 3.1.2015, S. 3.

<sup>189</sup> Case of Navalnyy v. Russia. Judgment, para. 64; 66-69; 82-85. Final v. 5.3.2018; <https://hudoc.echr.coe.int/eng#%7B%22itemid%3A%22001-177665%22%7D>.





## cc. Die Vergiftung Naval'nyjs und die Entscheidung des Gerichts des Simon-Stadtbezirks Moskaus vom 2. Februar 2021

Als eine Zäsur in der internationalen Wahrnehmung des Putin-Regimes erweist sich die Vergiftung Aleksej Naval'nyjs mit einem Nervengift aus der Gruppe „Nowitschok“, dessen Einsatz unter die Geltung des völkerrechtlichen Verbots von Chemiewaffen fällt<sup>190</sup>. Unter der Einwirkung des Giftes war Naval'nyj am 20. August 2020 auf dem Heimflug von Tomsk (Sibirien) nach Moskau ins Koma gefallen. Sein Leben wurde nur dadurch gerettet, dass der Pilot den Kurs änderte, in Omsk landete und Naval'nyj von der Not-Ambulanz sofort mit Atropin behandelt wurde<sup>191</sup>. Dank diplomatischer Vermittlung und unter dem Druck der internationalen Öffentlichkeit konnte Naval'nyj am 22. August in die Charité nach Berlin verlegt werden<sup>192</sup>. Am 23. September 2020 war er so weitgehend wiederhergestellt, dass er in eine ambulante Rehabilitation entlassen werden konnte<sup>193</sup>. Unmittelbar danach erklärte er mit großem Nachdruck, dass er nach seiner völligen Gesundung nach Moskau zurückkehren werde, weil als Politiker sein Platz in Russland sei<sup>194</sup>.

Am Sonntag, dem 17. Januar 2021 kehrte Naval'nyj nach Moskau zurück. Das geschah unter dramatischen Umständen, denn erstens landete das Flugzeug nicht in Vnukovo, wo Naval'nyj von vielen Anhängern und Journalisten erwartet wurde, sondern kurzerhand umgeleitet in Šeremet'evo und zweitens wurde Naval'nyj schon im Transitbereich festgenommen und in einem Polizeirevier der Moskauer Trabantenstadt Chimki im Eilverfahren von einem improvisierten Gericht wegen Verletzung der Bewährungsauflagen zu 30 Tagen Arrest verurteilt<sup>195</sup>. Dem folgte am 2. Februar 2021 auf Antrag der Moskauer Abteilung der föderalen Strafvollzugsbehörde (FSIN) die Umwandlung des Urteils in der *Yves Rocher Vostok*-Sache vom 30. Dezember 2014 wegen der Nichterfüllung der Bewährungsauflagen in eine Strafe von dreieinhalb Jahren Straflager des allgemeinen Vollzuges durch das Gericht des Simon-Stadtbezirks Moskau<sup>196</sup>. Die Richterin Natalja Repnikova ging schweigend darüber hinweg, dass der EGMR das Strafurteil für unrechtmäßig erklärt hatte, dass Russland gemäß Art. 15 Abs. 4 der föderalen

<sup>190</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Nowitschok>. Erklärung der Bundesregierung im Fall Nawalny vom 2. 9. 2020: Pressemitteilung 306 des Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (BPA); <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/erklaerung-der-bundesregierung-im-fall-nawalny-1781790>. Leithäuser, Johannes/Schmidt, Friedrich: Nawalnyj wurde mit Nervenkampfstoff vergiftet, in: FAZ v. 3.9.2020, S. 1; Streit über Sanktionen gegen Russland wegen Giftanschlags, in: FAZ v. 4.9.2020, S. 1 (Lt./loe./frs./moja); Schmidt, Friedrich/Leithäuser, Johannes: Moskau verwarft sich gegen westliche „Hysterie“, in: FAZ v. 4.2.2021, S. 1.

<sup>191</sup> Schmidt, Friedrich/Veser, Reinhard: Der nächste Giftanschlag? in: FAZ v. 21.8.2020, S. 3; Ackeret, Markus: Nawalny vermutlich vergiftet, in: NZZ v. 22.8.2020, S. 3; Schmidt, Friedrich: Die Basistruppe der Opposition, in: FAZ v. 1.9.2020, S. 3.

<sup>192</sup> Leithäuser, Johannes/Schmidt, Friedrich: Auf Schritt und Tritt überwacht. Nawalnyjs Familie erreicht seiner Verlegung nach Deutschland, in: FAZ v. 24.8.2020, S. 2; Schmidt, Friedrich: Nawalnyjs Finanzier, in: FAZ v. 25.8.2020, S. 8; derselbe: Intervention des Präsidenten, in: FAZ v. 24.10.2020, S. 6.

<sup>193</sup> Müller, Hansjörg/Friedrich: Streit über die Vergiftung Nawalyns geht weiter, in: NZZ v. 25.9.2020, S. 3; Schreiber, Markus: „Lancet“ Publishes German Doctors' Navalny Treatment Report, in: The Moscow Times. Independent News from Russia v. 23.12.2020.

<sup>194</sup> So in seinem ersten Interview am 30. September: DER SPIEGEL 2020, Nr. 41 (2.10.) S. 14; Schmidt, Friedrich: Putins Plagegeist. Alexej Nawalnyj.. plant seine Rückkehr nach Moskau, FAS v. 6.12.2020, S. 11; derselbe: „Russland ist mein Land, Moskau meine Stadt“, in: FAZ v. 14.1.2021, S. 3; derselbe: Mit dem Mut der Vergiftung, in: FA v. 16.1. 2021, S. 6.

<sup>195</sup> Ackeret, Markus: Alexei Nawalny bei der Rückkehr festgenommen, in: NZZ v. 19.1.2021, S. 3. Schmidt, Friedrich: Mit dem Mut der Vergiftung. Allen Drohungen zum Trotz kehrt Nawalnyj nach Russland zurück, in: FAZ v. 16.1.2021, S. 6; derselbe: Was Putin beim KGB lernte, in: FAZ v. 19.1.2021, S. 5.

<sup>196</sup> Pressemitteilung des Gerichts vom 2.2. 2021; Quelle: Симоновский суд удовлетворил представление УФСИН России по г. Москве об отмене условного осуждения и исполнении наказания в отношении А. Навального | Новости | Симоновский районный суд | Официальный портал судов общей юрисдикции города Москвы (mos-gorsud.ru). Die Verhandlung fand im Gebäude des Moskauer Stadtgerichts statt. Ackeret, Markus: Nawalny muss hinter Gitter, in: NZZ v. 4.2.2021, S. 1.



Verfassung an die Entscheidung des EGMR gebunden war und dass das Gerichtsverfahren deswegen gar nicht hätte stattfinden dürfen. Dass ihr diese juristischen Tatsachen unbekannt gewesen seien, hätte sie nicht behaupten können, denn Naval'nyj hatte sie in das Zentrum seines Schlussplädoyers gestellt, und zwar mit den folgenden Worten<sup>197</sup>:

»Ich würde gern mit der juristischen Frage beginnen, die mir am wichtigsten erscheint und die bei dieser Anhörung bisher irgendwie übersehen wurde...

Man will mich in einem Fall hinter Gitter bringen, in dem ich schon als unschuldig anerkannt bin. Ein Fall, der schon als konstruiert anerkannt wurde. Das ist nicht meine persönliche Meinung: Wir können jedes beliebige Lehrbuch für Strafrecht aufschlagen – ich hoffe, euer Ehren, dass Sie das einige Male in Ihrem Leben getan haben – und werden sehen, dass der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte Teil des russischen Rechtssystems ist, unter anderem, weil Russland Mitglied des Europarats ist. Es gibt bindende Entscheidungen. Und ich habe, nachdem ich den ganzen Prozess durchlaufen habe, den EGMR angerufen. Und der EGMR hat eine Entscheidung gefällt, in der schwarz auf weiß geschrieben steht, dass nicht mal ein Straftatbestand vorliegt. Der Fall, aufgrund dessen ich, warum auch immer, in diesem merkwürdigen Käfig sitze, ist vollständig konstruiert. Mehr noch, die Russische Föderation hat jene Entscheidung sogar anerkannt. Denn man hat mir eine Entschädigung gezahlt ... Nichtsdestoweniger hat mein Bruder für diese Sache dreieinhalb Jahre im Gefängnis gesessen und ich stand ein Jahr unter Hausarrest...Mit der Verbissenheit eines Besessenen fordert unser Staat, mich in diesem Fall ins Gefängnis zu bringen.“

Die polizeilichen und gerichtlichen Aktionen gegen Aleksej Naval'nyj waren von Massenprotesten in Moskau, aber auch in anderen Städten Russlands begleitet<sup>198</sup>. Sie wurden heftig befeuert durch Naval'nyjs spektakuläre YouTube-Veröffentlichung über „Putins Palast“ am Schwarzen Meer (bei Gelendžik) und das damit verbundene milliarden schwere Korruptionsschema<sup>199</sup>, das innerhalb weniger Tage Dutzende Millionen Internetnutzer angesehen hatten. Die Sicherheitsorgane gingen wahllos, mit großer Härte und demonstrativer Willkür gegen Demonstranten und unbeteiligte Passanten vor, nahmen Tausende fest<sup>200</sup> und ferchten sie in primitiven Unterkünften unter unmenschlichen Bedingungen zusammen, ganz offenkundig, um ihnen schmerzhaftes Lektionen zu erteilen und die Lust zu Protesten auszutreiben<sup>201</sup>.

<sup>197</sup> Quelle: <https://www.laender-analysen.de/russland-analysen/397/nawalnyj-schlusswort-einen-einsperren-um-millions-einzuschuechern/>. Schmidt, Friedrich: Besessene Verfolgung, in: FAZ v. 3.2.2021, S. 2.

<sup>198</sup> Es waren die größten Demonstrationen seit den gefälschten Duma-Wahlen von 2011 und erinnerten, da sie über Social Media gesteuert wurden, stark an die Massendemonstrationen in Belarus. Siehe dazu Schmidt, Friedrich: Mit der Macht des Internets. Die Wechselwirkung der Proteste in Russland und Belarus, in: FAZ v. 27.1.2021, S. 8.

<sup>199</sup> Дворец для Путина. История самой большой взятки [Ein Palast für Putin. Die Geschichte der größten Bestechungsaktion (vzjatki).] Youtube, abgerufen am 18.2.2021; Ackeret, Markus: Alexei Nawalny zielt mit einem neuen Enthüllungsfilm auf Putin, in: NZZ v. 22.1.2021, S. 2; Schmidt, Friedrich: Der Held kämpft in der Zelle, in: FAZ v. 21.1.2021, S. 11; derselbe: Milliarden schwerer Jugendfreund, in: FAZ v. 2.2.2021, S. 8; derselbe: Nawalnyjs Ermittler, in: FAZ v. 25.1.2021, S. 8.

<sup>200</sup> Ackeret, Markus: Proteste in Russland. Zehntausende wagen sich auf die Straße, in: NZZ v. 25.1.2021, S. 1; derselbe: Russlands Polizei unterdrückt Protest, in: NZZ v. 2.2.2021, S. 1; Schmidt, Friedrich: Von Wladiwostok bis Sankt Petersburg. Der Protest Zehntausender, in: FAZ v. 25.1.2021, S. 3; derselbe: Härte ist Programm, in: FAZ v. 1.2.2021, S. 2.

<sup>201</sup> Ackeret, Markus: Russlands Repressionsapparat will den Protest im Keim ersticken, in: NZZ v. 16.2.2021, S. 2; derselbe: Der Protest scheitert an der Polizeigewalt, in: NZZ v. 9.2.2021, S. 3; Schmidt, Friedrich: Journalist in der Kälte. Über die Zustände im russischen Arrest, in: FAZ v. 5.2.2021, S. 3; Petrowskaja, Katja: Der Protest, in: FAS v. 7.2.2021, S. 34.



Naval'nyj hat seine Inhaftierung nicht klaglos hingenommen, sondern beim EGMR beantragt, Russland zu veranlassen, ihn sofort aus der Haft zu entlassen<sup>202</sup>. Der Gerichtshof gab dem Antrag am 16. Februar 2021 statt<sup>203</sup>. Dass Russland, wenigstens zur Gesichtswahrung, der Aufforderung folgt, ist unwahrscheinlich.

Die Vermutung hat sich schneller als erwartet bestätigt: Am 20. Februar 2021 hat das Moskauer Stadtgericht die Appellationsbeschwerde Naval'nyjs verworfen, das Urteil des Simonovskij Rayongerichts mit einer geringfügigen Änderung bestätigt, damit der Intervention aus Straßburg konkludent eine Absage erteilt und der föderalen Strafvollzugsbehörde Recht gegeben<sup>204</sup>. In welches Straflager Naval'nyj eingewiesen wurde, wurde der Familie und seinen Anwälten zunächst nicht mitgeteilt, ist inzwischen aber bekannt geworden<sup>205</sup>. Die „Besserungskolonie“ des allgemeinen Vollzuges liegt bei der Kleinstadt Pokrov im Gebiet der altrussischen Stadt Vladimir, etwa 100 km nordöstlich von Moskau<sup>206</sup>. Die Kolonie ist bekannt für ihr traditionell strenges Regime, scheint aber, wie die Tatsache, dass sie über einen Internetauftritt verfügt, nahelegt, um Transparenz bemüht zu sein.

#### dd. Präsident Putin – verantwortlich für die Vergiftung Naval'nyjs

Wochen, ja Monate hindurch haben sich der Kreml und die von ihm instruierten und orchestrierten Medien größte Mühe gegeben und eine staunenswerte Phantasie entfaltet, immer neue Versionen über die Urheber der Vergiftung Naval'nyjs in Umlauf zu bringen<sup>207</sup>. Selbst vor offenkundigen Absurditäten schreckte man nicht zurück<sup>208</sup>. Auf Seiten der vom Kreml unabhängigen, meist westlichen Medien ist dagegen eine deutliche Zurückhaltung zu beobachten, der Frage auf den Grund zu gehen, welche Institution, welche Behörde, welches Organ oder welche Amtsperson den entscheidenden Befehl gegeben hat, Aleksej Naval'nyj zu ermorden und ihn aus dem Wege zu räumen. Die Zurückhaltung berührt seltsam, denn es gibt nicht wenige hinreichend gesicherte Tatsachen und juristische Argumente, die, zu einer Indizienkette geformt, nur eine einzige Schlussfolgerung zulassen: Naval'nyj wurde mit ausdrücklicher Billigung, d. h. mit Wissen und Wollen Präsident Putins vergiftet!

<sup>202</sup> Press Release issued by the Registrar of the Court (ECHR 063 (2021) 17.02.2021). Gemäß Art. 39 seiner Verfahrensordnung kann der EGMR „Vorläufige Maßnahmen“ zugunsten des Beschwerdeführers bei dem beklagten Staat anregen.

<sup>203</sup> „On 16 February 2021 the Court decided to indicate to the Government of Russia, under Rule 39 of the Rules of Court, to release the applicant. This measure shall apply with immediate effect. The Court had regard to the nature and extent of risk to the applicant's life, demonstrated prima facie for the purposes of applying the interim measure, and seen in the light of the overall circumstances of the applicant's current detention.“ Schmidt, Friedrich: Keine Gnade für Putins Widersacher, in: FAZ v. 19.2.2021, S. 7. (Es geht allerdings nicht um „Gnade“, sondern um die Einhaltung von „Recht“!).

<sup>204</sup> Presseerklärung des Moskauer Stadtgerichts auf seiner Homepage: <https://mos-gorsud.ru/mgs/news/mos-gorsud-rassmotrel-apellyatsionnyu-zhalobu-na-postanovlenie-ob-otmene-uslovnogo-osuzhdeniya-v-otnoshenii-alekseja-navalnogo>.

<sup>205</sup> Ackeret, Markus: „In der Welt der Ausgestossenen“, in: NZZ v. 2.3.2021, S. 4; Schmidt, Friedrich: Bei Regelverstößen droht Isolationshaft, in: FAZ v. 27.2.2021, S. 7; derselbe: Immer neue Schikanen, in: FAZ v. 3.3.2021, S. 5.

<sup>206</sup> Siehe den Internetauftritt der Strafanstalt: ИК-2 Покров (Исправительная колония 2): адрес, телефон, отзывы, новости, режим работы, схема проезда -: контакты, фотографии, обсуждение, информация для родственников (fsin-atlas.ru).

<sup>207</sup> Kireev, Maxim: Russland setzt auf eine altbewährte Taktik, in: NZZ v. 7.9.2020, S. 3; Schmidt, Friedrich: Doppelte Botschaft, in: FAZ v. 5.9.2020, S. 2, derselbe: Unbeholfenheit des Apparats, in: FAZ v. 26.9.2020, S. 6; derselbe: Intervention des Präsidenten, in: FAZ v. 24.10.2021, S. 6.

<sup>208</sup> Schlicht gelogen. In Russland verbreiten sich ungeheuerliche Nachrichten über den Oppositionellen Alexej Nawalny und dessen Frau Julija, in: DIE ZEIT 2020, Nr. 50 (3.12.) S. 6.





Naval'nyj selbst hat den Verdacht leidenschaftslos und ohne Rücksicht auf die vom Kreml zu erwartende, ihn persönlich treffende Rache öffentlich geäußert, erstmals in dem schon erwähnten SPIEGEL-Interview vom 30. September 2020<sup>209</sup>:

„NAWALNY: Ich behaupte, dass hinter der Tat Putin steht, und andere Versionen des Tathergangs habe ich nicht. Ich sage das nicht, um mir zu schmeicheln, sondern ausgehend von Fakten. Das wichtigste Faktum ist Nowitschok. Der Befehl, es einzusetzen oder herzustellen, kann nur von zwei Ministern stammen – dem Chef des FSB<sup>210</sup> oder des Auslandsgeheimdienstes SWR<sup>211</sup>.

SPIEGEL: Und was ist mit dem militärischen Geheimdienst GRU, der mit dem Anschlag auf Sergej Skripal in Verbindung gebracht wird?

NAWALNY: Vermutlich auch die GRU<sup>212</sup>.“

In der Tat: Schon allein die zweifelsfreien Ergebnisse der Recherchen von Bellingcat<sup>213</sup>, von russischen Investigativ-Journalisten (Internetportal „The Insider“), von Mitarbeitern der von Naval'nyj gegründeten „Stiftung zum Kampf gegen Korruption (FBK)“ und von Naval'nyj selbst sowie die u.a. den FSB betreffenden Rechtsvorschriften formen sich zu einer Indizienkette, die Leonid Volkovs These „Das geht nicht ohne Putin“ mit einer an Sicherheit grenzenenden Wahrscheinlichkeit erhärten und bestätigen:

- (1) Der Vergiftungsanschlag ist von Mitarbeitern des FSB ausgeführt worden.
- (2) Seit der Wiederaufnahme des „KirovLes“-Ermittlungsverfahrens (Mai 2012) wird Aleksej Naval'nyj (auch) vom FSB observiert und spätestens seit 2017 von dessen Mitarbeitern „auf Schritt und Tritt“ überwacht. Das war auch bei seiner Sibirienreise und dem Aufenthalt in der Stadt Tomsk bis zum Abflug nach Moskau am 20. August 2020 der Fall<sup>214</sup>. Die FSB-Mitarbeiter, die Naval'nyj in Tomsk begleiteten, sind teils als Mediziner, teils als Chemiker ausgebildet, verfügten also über die Qualifikation, sicher mit dem hochgiftigen „Nowitschok“ umzugehen.
- (3) Russland hat nach seinem Beitritt zum Chemiewaffenübereinkommen<sup>215</sup> am 5. November 1997<sup>216</sup> nach offiziellem Bekunden die Entwicklung chemischer Kampfstoffe eingestellt, die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an chemischen Kampfstoffen insgeheim jedoch fortgesetzt<sup>217</sup>, und zwar in Forschungsinstituten, die wie schon zur Zeit der Sowjetunion dem

<sup>209</sup> DER SPIEGEL 2020, Nr. 41 (Anm. 194), S. 13; Schmidt, Friedrich: Der Täter ist Putin, in: FAZ v. 2.10.2021, S. 7; Volkov, Leonid: „Das geht nicht ohne Putin“. Interview mit Naval'nyjs Stabschef, in: FAS v. 20.9.2020, S. 2.

<sup>210</sup> Federal'naja Služba Bezopasnosti [Föderaler Sicherheitsdienst]. Zu den Nachfolgeorganisationen des KGB und Vorläufern des 1995 gegründeten FSB siehe Spitzer, Patrick: Die Nachrichtendienste Deutschlands und die Geheimdienste Russlands – ein Vergleich, Berlin 2011, S. 200 ff.

<sup>211</sup> Služba Vnešnej Razvedki [Dienst der Außenaufklärung].

<sup>212</sup> Glavnoe Razvedivatel'noe Upravlenie [Hauptverwaltung für Aufklärung] des Generalstabs.

<sup>213</sup> <https://www.bellingcat.com/news/uk-and-europe/2020/10/23/russias-clandestine-chemical-weapons-programme-and-the-gru-unit-21955/>.

<sup>214</sup> Komsomol'skaja pravda (Moskau): Маршрут Навального перед реанимацией выяснили поминутно (kp.ru) (Die Wegstrecke Naval'nyjs vor der Reanimation beobachteten sie minutlich). <https://www.kp.ru/online/news/3986880/>. Artikel vom 21.8.2020, 22 Uhr 56.

<sup>215</sup> „Übereinkommen über das Verbot der Entwicklung, Herstellung, Lagerung und des Einsatzes chemischer Waffen und über die Vernichtung solcher Waffen“ vom 13.1.1993. Es ist am 29. April 1997 in Kraft getreten.

<sup>216</sup> Bjułeten' meždunarodnych dogovorov RF [Bulletin der internationalen Verträge Russlands] 1998, Nr. 4, S. 3 (Ratifikation). Unterzeichnet hatte Russland das „Übereinkommen“ schon 1993.

<sup>217</sup> Stabenow, Michel/Veser, Reinhard: Spuren eines tödlichen Gifts, in: FAZ v. 17.3.2018, S. 5 (Aussagen des „Vaters“ von „Nowitschok“, Vil' Mirzajanov); Russia's Clandestine Chemical Weapons Programme and the GRU's Unit 29155 - bellingcat.





Verteidigungsministerium unterstehen. In ihnen ist das Nervengift „Nowitschok“ weiterentwickelt worden<sup>218</sup>. Die Institute sind vor allem mit dem militärischen Geheimdienst GRU verbunden, in dessen Zuständigkeit, wie der Anschlag auf Sergej Skripal und seine Tochter 2018 in England (Salisbury) gezeigt hat<sup>219</sup>, der Einsatz von „Nowitschok“ im Ausland fällt<sup>220</sup>.

(4) Für den operativen Einsatz von „Nowitschok“ in Russland ist der FSB als Inlandsgeheimdienst zuständig und folglich institutionell auf die Zusammenarbeit mit dem GRU angewiesen. Sie erfolgt organisatorisch über das „Kriminalistische Institut des FSB“ als Scharnier<sup>221</sup>. Dementsprechend stand die mit der Vergiftung Aleksej Naval'nyjs beauftragte FSB-Gruppe mit der Leitung des Instituts und seinen Spezialisten für „Spezialtechnik“<sup>222</sup> in laufendem Kontakt.

(5) Die Vergiftung erfolgte nach den zweifelsfreien Feststellungen der Charité durch Hautkontakt, und zwar über die kontaminierte „blaue Unterhose“ Naval'nyjs<sup>223</sup>. Dies hat das Mitglied der FSB-Gruppe, der Chemiker Konstantin Kudrjavcev, der nach dem Fehlschlag des Anschlages mit der Sicherstellung der Kleidung Naval'nyjs in Tomsk beauftragt war, mit der Qualität eines Augenzeugen bestätigt<sup>224</sup>.

(6) Es ist selbstverständlich, dass die Arbeit an der Entwicklung von chemischen Waffen im Verteidigungsministerium Russlands zu den Vorgängen der höchsten Geheimhaltungsstufe gehört und daher eine Information darstellt, die nur einem sehr kleinen Personenkreis zugänglich ist. Zu ihnen gehören jedenfalls der Verteidigungsminister und der Chef des GRU. Entsprechendes gilt für den FSB, für dessen „Direktor“ und auch für den Chef des Kriminalistischen Instituts. Indem Vladimir Putin vom Juli 1998 bis zum August 1999 Chef des FSB war, also zu einer Zeit, als Russland kurz nach der Ratifikation des Chemiewaffenabkommens die Forschung an „Nowitschok“ im Geheimen fortsetzte, war ihm fast von Anfang an die illegale, völkerrechtswidrige, aber auch gegen die Verfassung Russlands (Art. 15 Abs. 4) und ganz offenkundig gegen das FSB-Gesetz (Art. 4)<sup>225</sup> verstoßende Praxis bekannt. Dass er sie für inakzeptabel gehalten hat, kann man ausschließen, denn als Zögling des KGB war ihm staatliches Handeln „mit doppeltem Boden“ wohlvertraut. Er wird es nicht einmal für anstößig gehalten

<sup>218</sup> Ausführlich zu den militärischen Forschungseinrichtungen die Recherche von Bellingcat (Anm. 211); ferner Mijnsen, Ivo: Nowitschok, eine mysteriöse Waffe, in: NZZ v. 13.3.2018, S. 3.

<sup>219</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Poisoning\\_of\\_Sergei\\_and\\_Yulia\\_Skripal](https://en.wikipedia.org/wiki/Poisoning_of_Sergei_and_Yulia_Skripal).

<sup>220</sup> Geheimmaterial im Fall Skripal veröffentlicht, in: NZZ v. 16.4.2018, S. 2 (mhf); zum GRU: Spitzer, Die Nachrichtendienste Deutschlands und die Geheimdienste Russlands (Anm. 210), S. 209 ff.

<sup>221</sup> Институт криминалистики ФСБ — Википедия (wikipedia.org); Schuller, Konrad: Das Haus der Gifte. Beim Anschlag auf Aleksej Nawalnyj nutzte das Regime Putin offenbar Männer und Institute aus sowjetischer Zeit, in: FAS v. 20.12.2020, S. 9; Ackeret, Markus: Den Vergifteten Nawalnyjs auf der Spur, in: NZZ v. 16.1.2020, S. 3.

<sup>222</sup> Punkt 50 der „Ordnung über den FSB“ vom 11. 8.2003 im Abschnitt über die „Funktionen des FSB“; Quelle: SZRF 2003, Nr. 33, Pos. 3254. Der Termin verschleiert - traditionell - illegale oder in rechtlicher Hinsicht zumindest zweifelhaft und daher „lichtscheue“ Praktiken.

<sup>223</sup> Vesper, Reinhard: Der FSB-Agent reinigt Nawalnyjs blaue Unterhose, in: FAZ v. 22.12.2020, S. 3; derselbe: Enttarnter Hosenlatz. Die Reaktion des Kremls auf Navalnyj, in: FAZ v. 23.12.2020, S. 3. „Blaue Unterhose“ und „Goldene Toilettenbürste“ (aus „Putins Palast“) sind auf den Straßen Russlands seither zu Symbolen des Protestes und des seiner Agonie entgegen gehenden „Putin-Regimes“ geworden.

<sup>224</sup> Kudrjavcev hatte Naval'nyj, den er irrtümlich für einen höherangigen FSB-Offizier hielt, in einem Telefonat Einzelheiten der Vergiftungsaktion mitgeteilt. Ackeret, Markus: Russlands Geheimdienst übertölpelt, in: NZZ v. 23.12.2020, S. 6.

<sup>225</sup> Art. 4 lautet: „(1) Die Rechtsgrundlage der Tätigkeit des föderalen Sicherheitsdienstes sind die Verfassung der Russländischen Föderation, das vorliegende Föderale Gesetz, andere föderale Gesetze und sonstige normative Rechtsakte der Russländischen Föderation. (2) Die Tätigkeit des föderalen Sicherheitsdienstes wird auch in Übereinstimmung mit den internationalen Verträgen der Russländischen Föderation ausgeübt.“



haben, vielmehr für eine durch die nationale Staatsräson Russlands gerechtfertigte Ausnahme-  
mregelung.

(7) Kraft seines Amtes als Präsident der Russländischen Föderation ernennt Vladimir Putin u. a. den Verteidigungsminister und den Chef des Föderalen Sicherheitsdienstes (Art. 83 Buchstabe e<sup>1</sup>), leitet er die Tätigkeit des FSB (Art. 1 Abs. 2 FSB-Gesetz)<sup>226</sup>. Was den Bereich der militärischen Verteidigung anbelangt, ist der Präsident Oberbefehlshaber der Streitkräfte Russlands (Art. 87 Abs. 1 Verfassung RF). Ihm obliegt die Leitung der Streitkräfte und aller sonstigen Truppen (Art. 4 Abs. 1 Ziffer 3 Verteidigungsgesetz RF)<sup>227</sup>.

(8) Indem der Einsatz der chemischen Waffe „Nowitschok“ das Zusammenwirken zweier Sicherheitsressorts erfordert – des Verteidigungsministeriums (GRU) und des Föderalen Sicherheitsdienstes, die dem Präsidenten beide direkt unterstellt sind, ist die Kompetenz für „die Koordination der Tätigkeit zur Gewährleistung der Sicherheit“ betroffen (Art. 6 Sicherheitsgesetz RF)<sup>228</sup>. Sie liegt beim Präsidenten Russlands, also bei Vladimir Putin. Verteidigungsminister, GRU-Chef und FSB-Chef sind verpflichtet, den Präsidenten laufend über alle relevanten Fragen ihrer Zuständigkeitsbereiche zu informieren, damit er seine Führungs- und Koordinationsbefugnisse verantwortlich wahrnehmen kann<sup>229</sup>.

(9) Es ist bei dieser Rechtslage selbstverständlich, dass die beiden von dem „Nowitschok“-Einsatz betroffenen Minister sich unverzüglich und exklusiv mit dem Präsidenten darüber zu beraten haben, und zwar selbst dann, wenn es nicht um den Plan ginge, den bedeutendsten Oppositionsführer des Landes aus dem Wege zu räumen, denn da es sich bei „Nowitschok“ um eine vom Völkerrecht geächtete, illegale Waffe handelt, berührt jede Form ihres Einsatzes die außenpolitischen Interessen Russlands und das internationale Ansehen seines Präsidenten in der empfindlichsten Weise und ist geeignet, dem Land großen Schaden zuzufügen, wenn der Einsatz publik würde.

(10) Ob der Vorschlag und Plan, Aleksej Naval'nyj zu ermorden, aus den an „Nowitschok“ arbeitenden Sicherheitsressorts gekommen ist oder von einem der mit Vladimir Putin freundschaftlich eng verbundenen „Oligarchen“<sup>230</sup> stammt oder von Vladimir Putin persönlich lanciert worden ist, ist unerheblich, denn Leonid Volkovs These: „Das geht nicht ohne Putin“ wird in jedem Fall, „wie man es auch dreht und wendet“, bestätigt.

## IV. Schluss: Das Putin-Regime – ein „Doppelstaat“ (Ernst Fraenkel)

### a. Putins „Verfassungskorrekturen“ – ein Verfassungsbruch

Die 2020 erfolgte Revision der Verfassung Russlands stellt keine Reform dar, sondern eine Deformation, und zwar sowohl des Textes der föderalen Verfassung von 1993 als auch der Verfassungsordnung insgesamt. Die euphemistisch „Korrekturen“ (popravki) genannten Änderungen stellen einen Verfassungsbruch dar, und zwar sowohl in verfassungstheoretischer als

<sup>226</sup> FSB-Gesetz vom 3.4.1995 in der geltenden Fassung (SZRF 1995, Nr. 15, Pos. 1269).

<sup>227</sup> Gesetz über die Verteidigung RF vom 31.5.1996 (SZRF 1996, Nr. 23, Pos. 2750).

<sup>228</sup> Föderales Gesetz vom 28.12.2010 über die Sicherheit (SZRF 2011, Nr. 1, Pos. 2).

<sup>229</sup> Punkt 11 Ziffer 3 der FSB-Ordnung vom 11.8.2003 (SZRF 2003, Nr. 33, Pos. 3254); Punkt 9 ff der Ordnung des Verteidigungsministeriums vom 16.8.2004 (2004, Nr. 34, Pos. 3538).

<sup>230</sup> Man könnte an so eine odiose Figur wie Evgenij Prigozin denken. Zu ihm Schuller, Konrad: Putins Koch, in: FAS v. 30.8.2020, S.6.



auch in verfassungsrechtlicher Hinsicht, denn die Verfassungsänderungen entsprechen weder den Prinzipien noch, dem Geist der 1993 verabschiedeten Verfassung.

Der Verfassungsbruch ist, wie im ersten Abschnitt der Abhandlung nachgezeichnet wurde, seit der zweiten Amtszeit Präsident Putins (2004/2005) schrittweise und konsequent auf der Ebene der realen Herrschaftspraxis der Präsidialexekutive vorbereitet worden. Denn die Macht im Staate ist immer stärker beim Präsidenten und bei seiner Administration konzentriert und zentralisiert worden, während die freiheitlichen Spielräume der Zivilgesellschaft durch repressive und schwammig formulierte Gesetze zur angeblichen Bekämpfung von Extremismus und Terrorismus systematisch eingeengt worden sind.

Mit den Verfassungsänderungen von 2020 ist eine neue Lage eingetreten: Der Bruch mit der Jelzin-Verfassung hat seinen Niederschlag nun auch im Verfassungstext selbst gefunden, und zwar vor allem, wie eingangs bereits vermerkt worden ist, in der Amtszeitenregelung des Präsidenten Russlands (Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> - prim). Dies ist nun ausführlicher darzulegen.

Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> ist eine Ausnahmeregelung zu Art. 81 Abs. 3. Dieser lautet kurz und lakonisch: „Eine und dieselbe Person kann das Amt des Präsidenten der RF nicht mehr als zwei Amtszeiten innehaben.“ Die Vorschrift ist durch Streichung des Wortes „hintereinander“ in der Verfassungsrevision von 2020 noch verschärft worden. Ausgerechnet ihn setzt Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> für die Person des amtierenden Präsidenten aber außer Kraft! Vladimir Putin darf sich deswegen 2024 und 2030 erneut um den Einzug in das Präsidentenamt bewerben. Seine bisherigen Amtszeiten sind durch Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> annulliert worden. Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> hat die Qualität einer auf eine bestimmte Person zugeschnittenen Verfassungsbestimmung. Sie ist eine genuine „Lex Putin“.

(1) Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> stellt einen Bruch mit der Jelzin-Verfassung in *verfassungstheoretischer* Hinsicht dar. Die Begründung ergibt sich aus dem Wesen einer Verfassung. Die Verfassung ist „die rechtliche Grundordnung des Staates“<sup>231</sup>. Verfassungsbestimmungen sind daher abstrakt formulierte Rechtsvorschriften, die unabhängig von bestimmten Personen und von ihren persönlichen Lebensumständen gelten und anzuwenden sind. Zwar gelten sie in Bezug auf einen bestimmten Staat und damit auch nur für ein bestimmtes Staatsgebiet, aber sie gelten unbefristet und ohne Rücksicht auf personelle Konstellationen. Zeitliche Befristungen von Verfassungsnormen können in Verfassungstexten zwar vorkommen, aber der Ort ihrer Regelung sind die Übergangs- und Schlussbestimmungen am Ende eines Verfassungstextes. Im fortlaufenden Fließtext der Verfassung haben sie wegen ihrer andersartigen Normativität nichts zu suchen. Dem widerspricht Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup>.

(2) Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> ist auch in *verfassungsrechtlicher* Hinsicht ein Bruch, denn er ist mit der Fundamentalnorm des Art. 1 Abs. 1 nicht vereinbar. Er lautet: „Die Russländische Föderation – Russland ist ein demokratischer, föderativer, rechtlicher Staat mit republikanischer Regierungsform.“

Die Verfassungsbestimmung erklärt Russland also zu einem demokratischen Rechtsstaat. Zu seinem Wesen gehört, dass in ihm Herrschaft und staatliche Macht auf Zeit verliehen wird, und zwar für eine begrenzte Amtszeit, wie Art. 81 Abs. 1 das für das Präsidentenamt – sechs Jahre – auch vorsieht. Die Amtszeitenbegrenzung hat eine besonders hohe Bedeutung für präsidentielle Regierungssysteme, die sich in aller Regel durch ein mächtiges Präsidentenamt mit starken Kompetenzen und Befugnissen auszeichnen, das in der Regel die Spitze der Exekutive bildet.

<sup>231</sup> Kāgi, Werner: Die Verfassung als rechtliche Grundordnung des Staates, Zürich 1945.





Die Prerogativen des Präsidenten Russlands sind besonders stark. Sie waren es in der „Jelzin-Verfassung“ von Anfang an, aber sie waren in der Verfassung von 1993 noch recht und schlecht durch konstitutionelle Gegengewichte ausbalanciert<sup>232</sup>.

Unter Präsident Putin sind von der Präsidialexekutive die Gegengewichte – Parlament, Regionen, Verfassungsgericht, Medien, Zivilgesellschaft – entweder systematisch gleichgeschaltet oder bis auf marginale Reste ausgeschaltet worden.

Wegen der dadurch entstandenen Machtfülle des Präsidentenamtes eröffnet Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> Vladimir Putin de facto die Verleihung des Amtes auf Lebenszeit, denn wegen der überwältigenden Machtfülle des Präsidenten im Verhältnis zu allen anderen Verfassungs- und Staatsorganen und zur Bürgergesellschaft Russlands haben die Wahltermine von 2024 und 2030 nur formale Bedeutung. Die Präsidialexekutive, die den Willen Präsident Putins nicht erst seit heute bis in das letzte Dorf Russlands durchzusetzen vermag, lässt eventuellen Gegenkandidaten Putins bei den Präsidentenwahlen – zumindest nach heutiger Einschätzung – weder 2024 noch 2030 eine reelle Chance auf den Wahlsieg.

Daraus ergibt sich die klare Schlussfolgerung und Feststellung: Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> widerspricht den Grundsätzen der Gewaltenteilung und des Rechtsstaates im Sinne der Grundlagen der föderalen Verfassung.

Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> ist aber auch mit dem Bekenntnis der russischen Verfassung zur republikanischen Form der Herrschaft (Art. 1 Abs. 1 Verfassung RF) nicht zu vereinbaren, denn die „Lex Putin“ verwandelt Russlands Verfassungsordnung in eine Art von Wahlmonarchie, d. h. in eine von konstitutionellen Schranken befreite Alleinherrschaft Präsident Putins, die freilich auf massiver Manipulation und Verfälschung des Wahlverfahrens beruht und infolgedessen Züge einer Autokratie trägt.

Die ihrem Wesen nach als monarchisch zu qualifizierende Bestimmung des Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> bricht definitiv mit Art. 16 Abs. 2, d. h. mit der letzten Vorschrift des Grundlagenkapitels der Verfassung. Er lautet: „Keine anderen Bestimmungen der vorliegenden Verfassung dürfen den Grundlagen der Verfassungsordnung der Russländischen Föderation widersprechen.“ Art. 16 Abs. 2 verleiht damit den Prinzipien und Normen des (ersten) Grundlagenkapitels der Verfassung rechtlichen Vorrang gegenüber den Verfassungsbestimmungen aller folgenden Kapitel. Das Grundlagenkapitel hat daher einen höheren juristischen Rang als das in den Kapiteln 3 bis 8 der Verfassung geregelte Staatsorganisationsrecht. Mit Art. 16 Abs. 2 ist Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> offensichtlich nicht vereinbar, denn die exklusiv für Vladimir Putin gemachte Ausnahme von der Amtszeitenbegrenzung des Präsidenten steht im Widerspruch und im Gegensatz zu den in Art. 1 Abs. 1 niedergelegten Grundprinzipien der Verfassung, zu Demokratie, Rechtsstaat und republikanischer Regierungsform.

Über die „Lex Putin“ des Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> hinaus verletzt das Verfassungsänderungsgesetz vom 14. März 2020<sup>233</sup> die Verfassung noch durch eine Reihe weiterer, in die Kapitel 3 bis 8

<sup>232</sup> Luchterhandt, Präsidialismus in den GUS-Staaten (Anm. 7), S. 303 ff.

<sup>233</sup> Der offizielle Titel des Gesetzes lautet: „Gesetz der Russländischen Föderation über eine Korrektur der Verfassung der Russländischen Föderation vom 14. März 2020 Nr. 1-FKZ „über die Vervollkommenheit der Regelung einzelner Fragen der Organisation und des Funktionierens der öffentlichen Gewalt“. Das Gesetz hat den Rang eines Föderalen Verfassungsgesetzes (FKZ - Federal'nyj Konstitucionnyj Zakon). Es steht damit im Rang über den (einfachen) föderalen Gesetzen, aber unterhalb der Verfassung RF. Quelle des Gesetzes: SZRF 2020, Nr. 11, Pos. 1416.





eingefügter Ergänzungen<sup>234</sup>. Von ihnen wird mit Blick auf das Thema der Abhandlung „Rückkehr zur Autokratie“ nur ein Punkt herausgegriffen, nämlich der neu in die Verfassung gekommene Begriff der „öffentlichen Gewalt“ (publičnaja vlast'). Er taucht schon im Titel des Verfassungsänderungsgesetzes auf (siehe Anm. 233). Darüber hinaus hat er – in teilweise unterschiedlichen sprachlichen Verbindungen – an fünf verschiedenen Stellen Eingang in den Verfassungstext selbst gefunden: „Organisation der öffentlichen Gewalt“ (Art. 67 Abs. 1 Satz 3; Art. 71 lit. d); „einheitliches System der öffentlichen Gewalt“ (Art. 80 Abs. 2; Art. 132 Abs. 3) und „Organe der öffentlichen Gewalt“ (Art. 83 lit. f').

Den in rechtlicher Hinsicht weitesten Inhalt haben die Begriffe „Organisation“ und „Organe“ der öffentlichen Gewalt. In normativer Hinsicht haben sie einen offenen, neutralen Charakter. Was sich hinter ihnen verbirgt, erfährt man erst am Ende des Verfassungstextes, nämlich aus Art. 132 Abs. 3: „Die Organe der örtlichen Selbstverwaltung und die Organe der Staatsgewalt gehören zu dem einheitlichen System der öffentlichen Gewalt in der Russländischen Föderation“. Öffentliche Gewalt ist demnach ein Oberbegriff. Er fasst die staatlichen und kommunalen Organe unter seinem „Dach“ zusammen. Welches die „Organe der Staatsgewalt“ in Russland sind, ergibt sich seit 1993 aus Art. 5 Abs. 3 der Verfassung, nämlich „die Organe der Staatsgewalt der Russländischen Föderation“ und „die Organe der Staatsgewalt der Subjekte der Russländischen Föderation“. Art. 11 Abs. 3 bekräftigt das, und Art. 12 Satz 2 der Verfassung RF stellt unmittelbar danach in negativer Hinsicht klar: „Die Organe der örtlichen Selbstverwaltung gehören nicht zum System der Organe der Staatsgewalt.“

Daraus ergibt sich die Feststellung, dass das Grundlagenkapitel der Verfassung von 1993 *ers* *tens* die Organe der Staatsgewalt der Föderation und die ihrer „Subjekte“ prinzipiell unterscheidet, dass es *zweitens* nur die Staatsgewalt Russlands insgesamt als „System“, d. h. in einem normativen Verbund sieht, und dass *drittens* die Organe der örtlichen Selbstverwaltung außerhalb jenes „Systems“ stehen. Dieses Modell liegt auch dem Verfassungsprinzip der Demokratie gemäß Art. 1 der Verfassung und seiner Konkretisierung in Art. 3 Abs. 2 der Verfassung RF zugrunde: „Das Volk übt seine Macht unmittelbar sowie durch die Organe der Staatsgewalt und die Organe der örtlichen Selbstverwaltung aus.“

Aus der Tatsache, dass das Grundlagenkapitel der Verfassung nur die föderalen und die regionalen Organe der Staatsgewalt in ein „System“ stellt (Art. 5 Abs. 3; Art. 12 Satz 2), folgt im juristischen Umkehrschluss, dass Kapitel 1 der Verfassung eine Entscheidung dagegen getroffen hat, auch die Organe der Staatsgewalt und die Organe der örtlichen Selbstverwaltung in ein gleichsam höheres, übergeordnetes „System“ zu integrieren. Diese Entscheidung ist, wie es dem Charakter des Grundlagenkapitels der Verfassung entspricht, prinzipieller Natur. Ihr aber widerspricht offenkundig das neu in die Verfassung hineingekommene juristische Konzept und Rechtsinstitut „des einheitlichen Systems der öffentlichen Gewalt“ (Art. 80 Abs. 2; Art. 132 Abs. 3), denn es überwölbt die Organe der Staatsgewalt und der kommunalen Selbstverwaltung und gliedert sie in eine organisatorische Einheit ein. Das verletzt offenkundig Art. 16 Abs. 2 der Verfassung<sup>235</sup>.

„Öffentliche Gewalt“ als juristischer Begriff ist von einer so grundsätzlichen, fundamentalen Bedeutung für die gesamte Staats- und Verfassungsordnung Russlands als Bundesstaat, dass

<sup>234</sup> Dazu Näheres bei Wieser, Bernd/Wedde, Rainer: Die Änderung der russischen Verfassung 2020, in: Deutsch-Russische Rechtszeitschrift Band 5 (2020), Heft 1, S. 6-18; deutsche Übersetzung des konsolidierten Textes der revidierten Verfassung: Wedde, Rainer (Hrsg.): Die Reform der russischen Verfassung, Berlin 2020, S. 179-239.

<sup>235</sup> „Keine anderen Bestimmungen dieser Verfassung dürfen den Grundlagen der Verfassungsordnung der Russländischen Föderation widersprechen.“ Die „Grundlagen“ sind im ersten Kapitel geregelt.



der Ort seiner Regelung ganz selbstverständlich das erste, also das Grundlagenkapitel der Verfassung hätte sein müssen, und zwar schon allein deswegen, weil die Verfassung den Begriff nicht kennt, sie stattdessen ausschließlich den Begriff der „Staatsgewalt“ verwendet, das rechtliche Verhältnis zwischen jenen beiden Begriffen im Verfassungsgefüge infolgedessen unbestimmt ist und zu Widersprüchen und Konflikten führen kann.

Das ist keine abstrakte Erwägung, sondern durchaus nachweisbar, denn als widersprüchlich, ja als verfassungswidrig erweist sich die Normierung der „Organisation der öffentlichen Gewalt“ als *ausschließliche Kompetenz* der Föderation (Art. 71 lit. d n. F.). Die Regelung kollidiert mit dem Charakter Russlands als Bundesstaat (Art. 1, Art. 5, Art. 11 Verfassung RF), denn ausschließliche Kompetenzen kann die Zentrale in einem Bundestaat nur für solche Gegenstände und Maßnahmen beanspruchen, die ihrer Natur nach allein von den föderalen Organen zu entscheiden sind. Das kann aber für die Organisation der öffentlichen Gewalt in Russland, worunter auch die Organe der Föderationssubjekte und der kommunalen Selbstverwaltung fallen (Art. 132 Abs. 3 Verfassung RF n.F.), definitiv nicht gelten. Das beweist schon Art. 11 Abs. 2 des Grundlagenkapitels, wo es heißt: „Die Staatsgewalt in den Subjekten der Russländischen Föderation über die von ihnen (!) gebildeten Organe der Staatsgewalt aus.“ Der immanenten Logik eines Bundesstaates folgend, erklärt dementsprechend Art. 72 Abs. 1 lit. m) Verfassung RF die „Festlegung der allgemeinen Organisationsprinzipien des Systems der Organe der Staatsgewalt und der örtlichen Selbstverwaltung“ zur „gemeinsamen Kompetenz“ von Föderation und Subjekten und auch das lediglich in einem beschränkten Umfang, eben nur für „allgemeine Organisationsprinzipien“.<sup>236</sup> Mit dieser „gemeinsamen Kompetenz“ ist Art. 71 lit. d) n. F. offensichtlich nicht vereinbar.

Verfassungsrechtlich kaum weniger bedenklich ist die dem Präsidenten Russlands von Art. 80 Abs. 2 n. F. erteilte Ermächtigung, „das aufeinander abgestimmte Funktionieren und Zusammenwirken der zum einheitlichen System der öffentlichen Gewalt gehörenden Organe der Staatsgewalt (zu gewährleisten)“, denn sie gibt wegen ihrer rechtlichen Unbestimmtheit dem Präsidenten praktisch freie Hand, in die Föderationssubjekte nach freiem politischen Ermessen hineinzuregieren. Dieselben Bedenken treffen den föderalen Staatsrat, dem der neu eingefügte Art. 83 lit. f) Verfassung RF eine wortgleiche Ermächtigung erteilt. Darauf ist unten zurückzukommen.

Die Verfassungsrevision von 2020 hat die normative Struktur der Föderalverfassung Russlands fundamental verändert, denn sie hat das rechtliche Spannungsverhältnis, das bislang schon zwischen den fundamentalen Kapiteln 1, 2 und 9 der Verfassung einerseits und den Kapiteln 3 bis 8 über das Staatsorganisationsrecht andererseits bestand, verschärft und das Verhältnis zwischen ihnen in einen trennenden Abgrund verwandelt. Die normative Einheit der Verfassung ist 2020 durch die Verfassungsrevision zerstört worden. Einem von den Realien des Putin-Regimes beherrschtes Staatsorganisationsrecht, das die Realverfassung Russlands darstellt, steht so gut wie beziehungslos eine in den Kapiteln 1, 2 und 9 verankerte Idealverfassung gegenüber, und in diametralem Gegensatz zu Art. 16 hat die Realverfassung des Putin-Regimes normativen Vorrang vor der Idealverfassung von 1993.

Die im Amt des Präsidenten Russlands konzentrierte, dem Prinzip der Gewaltenteilung (Art. 10 Verfassung RF) widersprechende überwältigende Machtfülle ist die normative rechtliche und zugleich die reale politische Grundlage der Verfassung des Putin-Regimes. Die „Lex Putin“ des Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> setzt dem Regime die Krone auf. Die Bestimmung ist Norm und Symbol der Autokratie Präsident Putins zugleich.

<sup>236</sup> Dazu Luchterhandt, Otto: Kommentierung zu Art. 72, in: Wieser, Bernd (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung, Wien 2014, S. 745-751 (Rn. 94 ff.).



## b. Putins Verfassungscoup – Etablierung eines „Doppelstaates“

Der Bruch mit der Jelzin-Verfassung von 1993 tritt besonders plastisch hervor, wenn man Russlands neue Verfassungsordnung von 2020 aus dem Blickwinkel der Theorie vom Doppelstaat (dual state) betrachtet, die Ernst Fraenkel für die Analyse und Beschreibung der Verfassungsordnung des NS-Staates zwischen 1933 und 1938 entwickelt hat<sup>237</sup>.

Der Doppelstaat im Sinne Fraenkels ist durch das Nebeneinander, Miteinander und Ineinander von „Maßnahmenstaat“ und „Normenstaat“ gekennzeichnet. Der Maßnahmenstaat ist dem Normenstaat über- und vorgeordnet. In ihm herrscht das Prinzip der Macht, die sich in allen Fragen an der politischen Zweckmäßigkeit orientiert: „Im politischen Sektor dient, was immer als ‚Recht‘ bezeichnet werden mag, ausschließlich dem Zweck, die politischen Ziele des Regimes zu fördern,“ schreibt Fraenkel<sup>238</sup>.

Der Normenstaat ist hingegen dadurch charakterisiert, dass in ihm Verwaltung und Justiz nach den Maßstäben des Rechts und mit dem Ziel handeln, Gerechtigkeit zu verwirklichen. Er steht jedoch unter dem Dauervorbehalt des Prinzips der politischen Zweckmäßigkeit, also des „Maßnahmenstaates“<sup>239</sup>.

Fraenkel meint mit dem Begriff des Doppelstaates keine Verdoppelung des „Staates“ im Sinne zweier Staaten, sondern, genau genommen, zwei verschiedene Regime der Herrschafts- und Machtausübung in einem und demselben Staatswesen. Es geht also bei den Begriffen „Maßnahmen“ und „Normen“ um das uralte Verhältnis von Macht („Maßnahmen“) und Recht („Normen“)<sup>240</sup>. Das Nebeneinander der „Verfassung des Putin-Regimes“ und der „Verfassung von 1993“ ist auch nicht ein institutionelles Neben- und Gegeneinander von Verfassung und Verwaltung, wie Richard Sakwa mit Blick auf das Putin-Regime meint<sup>241</sup>, denn das Regime hat sämtliche föderalen und regionalen Staatsorgane, Regierung und Verwaltung bis hinunter auf die kommunale Verwaltungsebene der Präsidialexekutive unterworfen. Verfassung und Verwaltung stehen in keinem Gegensatz.

Bezieht man das Modell des Doppelstaates auf die föderale Verfassung Russlands, repräsentieren die Bestimmungen der Kapitel 3 bis 8, also das Staatsorganisationsrecht, den Maßnahmenstaat und die Kapitel 1, 2 und 9, also die Kapitel über die Grundlagen der Verfassung, über die Grund- und Menschenrechte und über die Änderung der Verfassung, den Normenstaat. Man kann die Kapitel 3-8, wie hier formuliert, als die Realverfassung des Putin-Regimes von 2020 und die Kapitel 1, 2 und 9 als Idealverfassung Russlands von 1993 bezeichnen.

<sup>237</sup> Fraenkel, Ernst: Der Doppelstaat. Recht und Justiz im „Dritten Reich“ (Originalausgabe: New York 1941; sie beruht auf der deutschen Fassung von 1938), Frankfurt/M 1974, S. 26 ff.; 96 ff.

<sup>238</sup> Fraenkel, a. a. O. S. 26.

<sup>239</sup> Einprägsam schreibt Fraenkel (S. 96): „Im Hintergrund des Normenstaates lauert ständig ein Vorbehalt: Die Erwägung der politischen Zweckmäßigkeit. Dieser politische Vorbehalt gilt für das gesamte Deutsche [groß geschrieben im Original] Recht.“

<sup>240</sup> Georg Brunner hat den sowjetsozialistischen Einparteistaat der Breschnew-Ära in den Kategorien des „Doppelstaates“ erfasst, aber der Vergleich mit dem postsowjetischen Russland zeigt deutlich, dass sich der „Normenstaat“ unter dem Putin-Regime wesentlich und sehr zu seinem Vorteil von dem „Normenstaat“ unter dem Sowjetregime unterscheidet. Siehe Brunner, Georg: Was ist sozialistisch am sozialistischen Recht? in: P. Hofmann: Festschrift für Klemens Pleyer zum 65. Geburtstag, Köln usw. 1986, S. 187-205 (200 ff.).

<sup>241</sup> Sakwa, Richard: Anatomie einer Blockade. Stillstand im Doppelstaat Russland, in: Osteuropa 62. Jg. (2012), Heft 6-8, S. 45-54 (47 f.); derselbe: The Dual State in Russia, in: Post Soviet Affairs 3/2010, S. 185-206. Die Originalbegriffe „Constitutional State“ und „Administrative State“ haben im Übrigen im Englischen nicht exakt denselben Sinn wie die beiden deutschen Begriffe.





Die Eigenart dieser Konfiguration besteht nun darin, dass die Realverfassung, also das Staatsorganisationsrecht der Kapitel 3-8, - de facto - nicht mehr unter dem Vorrang und Vorbehalt der höherrangigen Idealverfassung steht, wie es Art. 16 Abs. 2 der Verfassung bestimmt, sondern umgekehrt: Mit dem „Segen“ des föderalen Verfassungsgerichts (!!) stehen die Grundlagen und Hauptprinzipien der Verfassungsordnung, also Kapitel 1, sowie die Menschen- und Bürgerrechte (Kapitel 2) unter dem Vorrang und Vorbehalt der vom Präsidenten Russlands verkörpert und ausgeübten politischen Macht im Staate, der *vlast*<sup>242</sup>.

Die Putin-Verfassung stellt die Jelzin-Verfassung von 1993 auf den Kopf. In geradem Gegensatz zu Art. 16 des Grundlagenkapitels gelten die Grundlagenbestimmungen der Verfassung nach Maßgabe des vorrangigen Prinzips der letztlich von Präsident Putin bestimmten politischen Zweckmäßigkeit und einer rechtsfernen Staatsräson.

### c. Das Verfahren der Verfassungsänderung – der „Maßnahmenstaat“ in Aktion

Das Verfahren, in dem zwischen dem 15. Januar und dem 14. März 2020 die Verfassungskorrekturen ausgearbeitet und verabschiedet und schließlich durch die Volksabstimmung vom 25. Juni bis zum 1. Juli 2020 bekräftigt worden sind, kann als eine perfekte und zugleich entlarvende Selbstdarstellung des Maßnahmenstaates gewertet werden<sup>243</sup>. Es war ein Coup, d. h. ein unerwartet geführter Schlag oder Schachzug Präsident Putins gegen die Verfassung von 1993. Vier Punkte der Perversion des Verfahrens sind hervorzuheben<sup>244</sup>:

- (1) Erstellung des Entwurfes des Verfassungsänderungsgesetzes und dessen Verabschiedung in der 1. Lesung ohne Teilhabe und breite politische Diskussion in der Öffentlichkeit des Landes (15.-20. Januar 2020);
- (2) Simulation einer Beteiligung der Öffentlichkeit und der Zivilgesellschaft Russlands durch die Berufung einer scheinpluralistischen Arbeitsgruppe durch den Präsidenten und die manipulative Steuerung ihrer Tätigkeit;
- (3) Manipulative Durchführung der 2. und 3. Lesung in der Staatsduma sowie Verabschiedung des Entwurfes von der Staatsduma, vom Föderationsrat und von den Regionalparlamenten jeweils innerhalb weniger Stunden, d. h. ohne eine echte parlamentarische Prüfung und Diskussion des Entwurfes;
- (4) Offenkundige Verletzung der für die Änderung der Kapitel 3-8 maßgebenden Verfassungsbestimmung des Art. 136 erstens durch die unzulässige und widerrechtliche Einschaltung des föderalen Verfassungsgerichts und zweitens durch die widerrechtliche Ansetzung und Veranstaltung einer von der Verfassung nicht vorgesehenen „gesamtrussländischen Abstimmung“ (*vserossijskoe golosovanie*)<sup>245</sup>.

<sup>242</sup> Dazu sowohl grundsätzlich als auch im Einzelnen Luchterhandt, Otto: Bedeutungen, Verständnis und Struktur von Macht (*vlast*) im Russland Präsident Putins, in: Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG), Band LXIV, Braunschweig 2012, S. 99 – 124.

<sup>243</sup> Wieser/Wedde, Die Änderung der russischen Verfassung 2020 (Anm. 233), in: Deutsch-Russische Rechtszeitschrift Band 5 (2020), Heft 1, S. 6-18; Konsolidierter Text der revidierten Verfassung: Wedde, Rainer (Hrsg.): Die Reform der russischen Verfassung, Berlin 2020, S. 179-239.

<sup>244</sup> Ausführlich zum Verfahren Wedde, Rainer: Ein Abbild der Realität? – Die Version 2020 der russischen Verfassung, in: derselbe, Die Reform der russischen Verfassung, a.a.O. S. 12 ff.; Luchterhandt, Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit (Anm. 10), Teil 1.

<sup>245</sup> Art. 135 der Verfassung kennt nur eine „*vsenarodnoe golosovanie*“, d. h. eine Abstimmung des gesamten Volkes.





Das Verfahren war, auf eine kurze Formel gebracht, eine schreiende Verhöhnung aller fundamentalen Prinzipien der russischen Verfassung: der Demokratie, des Rechtsstaates, des Föderalismus und des Republikanismus sowie der Bestimmungen über die Verfassungsänderungen; eine Verhöhnung der „Idealverfassung“ Russlands nach Maßgabe der vom Putin-Regime gelebten „Realverfassung“.

Die Durchführung der Verfassungsänderung ist gekennzeichnet durch Überrumpelung, Verschleierung und Versteckspiel, durch Täuschung, Tabuisierung und manipulative Lenkung, durch ein rigoroses Durchpeitschen der Verfassungsänderungen durch die Gremien und die sklavische Akklamation seitens der Volksvertreter.

Das auf Überrumpelung und Täuschung des Volkes angelegte Verfahren der Verfassungskorrekturen hat dazu geführt, dass Putins Vorgehen in der kritischen Öffentlichkeit des Landes schon bald als „Spezialoperation“ apostrophiert worden ist, in der sich die geheimdienstliche Vergangenheit und Karriere Vladimir Putins ein weiteres Mal niedergeschlagen habe<sup>246</sup>. Die Schlussfolgerung drängt sich in der Tat auf.

Es ist ein trauriges Zeugnis vom Niedergang der Verfassungskultur Russlands, dass das Verfassungsgericht Russlands sich dazu hergegeben hat, eine solche üble Verbiegung des Verfassungsänderungsverfahrens mit seinem Gütesiegel zu legitimieren<sup>247</sup>.

#### **d. Die Abrundung des autokratischen Regimes: Das Staatsratsgesetz vom 8. Dezember 2020**

Kurz vor dem Ende des für Russlands Verfassung und politisches System schicksalhaften Jahres 2020 hat der Gesetzgeber auf Präsident Putins Initiative in Bezug auf eine geheimnisumwitterte, in der öffentlichen Debatte erfolgreich tabuisierte Bestimmung der Verfassungsänderung Klarheit geschaffen, - hinsichtlich des Staatsrates der Russländischen Föderation<sup>248</sup>. Das zu ihm am 8. Dezember erlassene föderale Gesetz trat am 19. Dezember 2020 in Kraft<sup>249</sup>.

Der Staatsrat ist als Hilfs- und Beratungsorgan des Präsidenten Russlands konzipiert, der kraft Amtes den Vorsitz innehat (Art. 8 Abs. 1), und stellt zusammen mit dem Präsidenten die Spitze des „eine Einheit bildenden Systems der öffentlichen Gewalt“ (edinaja sistema publicnoj vlasti) Russlands (Art. 3) dar. Dieser durch die Verfassungsänderung vom 14. März 2020 in die Verfassung eingefügte Begriff (Art. 80 Abs. 2) ist im Staatsrecht Russlands neu. Konzeptionell widerspricht er, wie weiter oben ausführlich dargelegt<sup>250</sup>, dem föderalen Aufbau des Staates. Das „System“ umfasst die föderalen Organe der Staatsgewalt, die Organe der Staatsgewalt der (regionalen) Subjekte der Föderation, „sonstige Staatsorgane“ und die Organe der örtlichen Selbstverwaltung „in ihrer Gesamtheit“ (Art. 2 Abs. 1) und schließt so die gesamte Staatsorganisation Russlands zu einem einzigen Organismus unter dem Dach und der Regie von Präsident und Staatsrat zusammen. Die dem Staatsrat zusammen mit dem Präsidenten vom Gesetz übertragenen gesamtstaatlichen „Aufgaben“ (Art. 5) und „Funktionen“ (Art. 6) sowie die Kompetenzen des Staatsratsvorsitzenden (Art. 8), des Präsidiums (Art. 10) und der Arbeitsorgane des Staatsrates (Kommissionen usw. – Art. 11) verstärken ein weiteres Mal die Prinzipien des

<sup>246</sup> Dazu Mommsen, Margareta: Russland in schlechter Verfassung. Das Ende des konstitutionellen Scheins. Ein Rückblick, in: Osteuropa 70 Jg. (2020), S. 53-82 (54 f.).

<sup>247</sup> Eine umfassende Kritik des Gutachtens des Verfassungsgerichts zu den „Verfassungskorrekturen“ liefert Luchterhandt, Vladimir Putin schafft Klarheit. Präsident Russlands de facto auf Lebenszeit (Anm. 10).

<sup>248</sup> Dazu ausführlich und kritisch Luchterhandt, Otto: Präsident Putins Verfassungsänderungsvorschläge: Vorbereitung des letzten Umbaus seines Regimes, in: Jahrbuch für Ostrecht Band 61 (2020), S. 13-53 (19; 22; 25-27).

<sup>249</sup> SZRF 2020, Nr. 50, Pos. 8039.

<sup>250</sup> Siehe bei Anm. 234 ff.



Unitarismus und Zentralismus im Staatsaufbau der Russländischen Föderation. In machtpolitischer Hinsicht weitaus bedeutsamer ist aber, dass Präsident Vladimir Putin in seiner Kapazität als Staatsratsvorsitzender nun auch förmlich einen ins nicht mehr Messbare erweiterten Zuwachs persönlicher Macht erfährt. Die Häufung der Prärogativen als Präsident der Föderation (Art. 80; 83 Verfassung RF), als Staatsratsvorsitzender, als Vorsitzender des Sicherheitsrates Russlands (Art. 83 lit. g Verfassung RF), als Oberkommandierender der Streitkräfte des Landes (Art. 87 Verfassung RF) und als Chef der föderalen Exekutive (Art. 110 Abs. 1 Verfassung RF) und schließlich die „Lex Putin“ (Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> Verfassung RF) machen Vladimir Vladimirovič Putin persönlich zur einsamen, nur noch seinem persönlichen Willen unterworfenen Machtspitze im gesamtstaatlichen Verfassungsgefüge, mit einem Wort: zum Autokraten Russlands.

## V. Ausblick

Die Einfügung des Art. 81 Abs. 3<sup>1</sup> in die Verfassung hat vielleicht auch ein Gutes: Die „Lex Putin“ wird definitiv mit dem Ableben Vladimir Vladimirovič Putins enden. Die allgemeine Vorschrift des Art. 81 Abs. 3 über die Amtszeitenbegrenzung des Präsidenten RF wird dann zurückbleiben und alleinige Gültigkeit haben. Im Ansatz würde das die Rückkehr zur Jelzin-Verfassung bedeuten, vorsichtiger formuliert, die Rückkehr ermöglichen.

Gleichwohl wird die Verfassungsordnung Russlands auch nach Putins Abtritt vom Präsidentenamt von einem sehr ernsten normativen Strukturproblem belastet sein, nämlich von der absoluten Dominanz und Übermacht des Präsidenten im Verfassungsgefüge und der Staatsordnung oder, anders gesagt, von der allzu schwachen Ausprägung der Gewaltenteilung (Art. 10). Die Verfassungsordnung nach Putin wird daher, soll nicht die Präsidialdiktatur mit einer anderen Person ihre tendenziell autokratische „Neuaufgabe“ und Fortsetzung finden, die Ausbalancierung der Kompetenzen der Verfassungsorgane und die Einhegung der Macht des Präsidenten auf die Tagesordnung setzen müssen, wenn die Russländische Föderation zu den Prinzipien der Idealverfassung von 1993, also den Grundsätzen des demokratischen Rechts- und Verfassungsstaates, zurückkehren will. Vielleicht erhalten die gegen Ende der 1990er Jahre gemachten Vorschläge für ein ausgewogeneres Verhältnis zwischen den Gewalten im Sinne ihres Gleichgewichts eine Chance<sup>251</sup> in einer Verfassungsrevision aus dem Geiste des demokratischen Verfassungsstaates.

<sup>251</sup> Luchterhandt, Einleitung zur Verfassung, in: Wieser, Bernd (Hrsg.): Handbuch der russischen Verfassung (Anm. 1), Rn. 42 f.



## Agnes, Svante und der Klimawandel

PETRA MISCHNICK

Institut für Lebensmittelchemie, TU Braunschweig, p.mischnick@tu-braunschweig.de

Braunschweig, 1882. - Die zwanzigjährige Agnes Pockels steht in der heimischen Küche in der Casernenstraße 18.<sup>1</sup> Sie hat mit der von ihr entwickelten Schieberinne eine reine Wasseroberfläche hergestellt und mit Öl definiert verschmutzt. Nun misst sie mit einer kleinen Balkenwaage die Kräfte, die erforderlich sind, um eine auf der Oberfläche aufliegende, an einem Faden mit der Waage befestigte glatte Scheibe von der Flüssigkeitsoberfläche abzureißen. Die wieder einmal bettlägerige Mutter ruft nach ihr. Agnes kann noch schnell den letzten Messwert notieren, bevor sie den Stift aus der Hand legt und zu ihrer Mutter eilt.

So ähnlich mag es gewesen sein. - Wir wissen nicht, in welchem Wechsel sich für **Agnes Pockels** (Abb. 1, 1862-1935) das Experimentieren und das autodidaktische Studium theoretischer Grundlagen auf der einen Seite und auf der anderen Seite die Führung des Haushalts und die Pflege der Eltern abgespielt haben. Aus ihren knappen Einträgen in ihren „Lebensereignissen“<sup>2</sup> geht hervor, dass ihre Pflichten als Tochter dem Experimentieren, den akribischen und systematischen Untersuchungen zur Anomalie der Wasseroberfläche, häufig im Wege standen. Dennoch hat sie bis 1891 so viele Daten und Erkenntnisse gesammelt, dass sie diese – ermutigt durch ihren jüngeren Bruder Fritz (Friedrich Pockels, 1865-1913), zu der Zeit Assistent am Physikalischen und Mineralogischen Institut der Universität Göttingen, an den Physiker Lord Rayleigh schickt. Rayleigh, der 1904 den Nobelpreis für Physik erhalten wird, arbeitet in Cambridge auf ähnlichem Gebiet. Sie hat Mitteilungen über seine Publikationen<sup>3</sup> in der von ihr seit 1890 abonnierten<sup>2</sup> Naturwissenschaftlichen Rundschau gelesen.



Abb.1. Agnes Pockels (1862-1935), gemalt von ihrer Tante Caroline Pockels



Lord Rayleigh ist offensichtlich ein anständiger Wissenschaftler. Er ignoriert nicht etwa die Informationen, die ihm ein formal nicht qualifiziertes Fräulein aus Deutschland als Ergebnis ihrer Küchenexperimente schickt. Er erkennt deren Bedeutung und hält sich sogar „ohne Not“ an die Gute Wissenschaftliche Praxis, indem er sich Agnes Erkenntnisse nicht etwa einfach aneignet, sondern für eine deren Bedeutung angemessene Publikation in *Nature* sorgt.<sup>4</sup> Eine fruchtbare Korrespondenz beginnt. Weitere Arbeiten in *Nature* folgen.<sup>5</sup> Auch die „Entdeckungen und Untersuchungen zur Oberflächenchemie“ Irving Langmuirs (1881-1957), für die dieser 1932 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet wird, sind unter Nutzung einer Weiterentwicklung des Pockelsschen Trogs, der von ihr 1882 konstruierten Schieberinne, entstanden. Nach dem Einstellen ihrer experimentellen Arbeiten zum Beginn des 1. Weltkriegs bleibt sie fachlich am Ball, wie eine in *Science* 1926 publizierte Zuschrift von ihr auf eine dort erschienene Arbeit auf ihrem Forschungsgebiet zeigt.<sup>6</sup> 1932 erfährt sie eine späte Anerkennung und Ehrung durch die Verleihung des Laura-Leonard-Preises der Deutschen Kolloid-Gesellschaft und der Ehrendoktorwürde der TH Braunschweig, die erste und bis mindestens 2007 einzige an eine Frau durch diese Institution.<sup>7</sup> Der Leipziger Kolloid-Chemiker Wolfgang Ostwald<sup>8</sup> würdigt ihre wissenschaftlichen Verdienste in der Kolloid-Zeitschrift in einem Beitrag, der auch einige von Agnes Pockels erbetene, im Duktus der Bescheidenheit verfasste persönliche Angaben enthält.<sup>9</sup>

Zur Erinnerung an diese besondere Braunschweiger Wissenschaftlerin hat die TU Braunschweig, abgesehen von der nach ihr benannten Auszeichnung und des ihren Namen tragenden Labors, 2017 ein Agnes-Pockels-Junior Fellowship ins Leben gerufen, um hochqualifizierten Forscher\*innen-Nachwuchs an die TU zu locken.<sup>10</sup> Auch die Universität Freiburg hat ein Agnes Pockels Junior Research Group Program für Wissenschaftlerinnen aufgelegt.<sup>11</sup> Seit 2020 verleiht die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie den Agnes-Pockels-Doktorandenpreis.<sup>12</sup> Straßen sind nach ihr benannt, wenn auch nicht in Braunschweig. Über sie ist viel geschrieben worden. Hinsichtlich weiterer Details aus ihrem Leben und ihrer Forschung sei daher auf diese Aufsätze verwiesen.<sup>9,13</sup> – Diese kurzen Ausführungen sollen genügen, um zu verstehen, dass sie die ideale Namensgeberin für das 2002 gegründete SchülerInnen-Labor für Chemie an der TU Braunschweig ist.<sup>14</sup>

### **Das Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor**

Gegen Ende des letzten Jahrhunderts waren die Studienanfängerzahlen in der Chemie bedenklich gesunken. Nackte Zahlen und ihre absehbaren Konsequenzen aktivieren oft leichter zum Handeln als moralische Argumente. Der Nachwuchsmangel half, den Blick stärker auf die Frauen als nicht ausgeschöpftes Potenzial für die MINT-Fächer zu richten. Die verschiedenen Umstände, darunter auch ein Imageproblem der Chemie, und Motive sowie ihr Zusammenwirken sollen hier nicht weiter behandelt werden. Zu konstatieren ist, dass allerorten Schülerlabore gegründet wurden, v.a. an Universitäten aber auch an außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in der Industrie. Hands-on-Experimentierstätten wie das phäno in Wolfsburg entstanden. Die Initiative der Autorin dieses Beitrags, die 2002 zur Gründung des später Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor genannten Labors für Chemie führte, war motiviert von der Überzeugung, dass man Mädchen stärker für die Chemie oder allgemein für die Naturwissenschaften interessieren kann, indem man ihnen die Möglichkeit bietet, diese, jenseits der gängigen Klischees, experimentierend für sich zu entdecken. Dabei standen die Angebote des Labors immer auch Jungen offen, da ja Schulklassen eingeladen waren, diese wahrzunehmen. Aus der Forschung war damals bekannt, dass zum einen der Kontext naturwissenschaftlicher Fragestellungen und die Sinnfrage – kann ich damit Gutes tun? – für die Motivation von Mädchen eine größere Rolle spielen als bei Jungen, zum anderen, dass sich bei Mädchen bis zum damals noch relativ späten Einsetzen des Chemieunterrichts an den Schulen durch gängige Geschlechter-





Stereotype bereits eine eher negative Selbsteinschätzung hinsichtlich ihrer naturwissenschaftlichen Fähigkeiten verfestigt hatte. – Agnes Pockels stand hingegen für eine starke intrinsische Motivation eines Mädchens respektive einer jungen Frau, die sich gegen alle Hindernisse ihrer Zeit autodidaktisch so intensiv und ausdauernd gebildet und mit ihrer selbst gebauten Apparatur zu Hause experimentiert hatte, dass sie uns letztlich grundlegende Erkenntnisse von nachhaltiger und internationaler Bedeutung hinterlassen hat. Zu den Hindernissen zählten die dürftigen naturwissenschaftlichen Lehrinhalte im Schulunterricht – sie besuchte die Städtische Höhere Mädchenschule in Braunschweig (heute Gymnasium Kleine Burg), kein Abitur für Mädchen – die Möglichkeit entstand erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, keine Zulassung zum Studium (Frauen durften sich in Preußen erst ab 1908 immatrikulieren). Ein Angebot von Prof. Voigt von der Universität Göttingen, 1893, das Labor im Physikalischen Institut zu nutzen, schlug sie aufgrund ihrer Pflichten gegenüber den Eltern aus.<sup>2,9</sup>

Um also die Mädchen nicht schon im Vorfeld zu verlieren, formulierte ich für unser Experimentierangebot das Motto „Früh beginnen“, d.h. Experimentieren auch für die Grundschüler\*innen und sogar für Kita-Kinder anzubieten. Es ging mir um die grundlegenden Phänomene, darum, naturwissenschaftliches Denken und Vorgehen zu verinnerlichen wie man auch Schwimmen und Radfahren lernt. Damit sollte auch dem hartnäckigen Klischee von „Natur“ und „Chemie“ als Gegensätzen entgegengewirkt werden. Allerdings hat sich die Verbreitung von Mythen und Fake News, von Behauptungen, die von keiner Sachkenntnis getrübt sind, inzwischen nicht zuletzt durch das Internet rasant verbreitet. Ob wir dagegen etwas ausrichten können, ist nicht zu beantworten. Dabei scheint es sich ja nicht primär um ein Bildungsdefizit zu handeln. Wer neugierig auf seine Umwelt ist, soll jedoch die Möglichkeit haben, das wissenschaftliche Vorgehen – das Formulieren einer Frage, Finden einer Hypothese, Entwerfen eines Experiments zu deren Überprüfung, Beobachtung, Dokumentation, Auswertung und Interpretation im Kontext des Bekannten – in vereinfachter Form kennenzulernen. Raum bietet sich dafür v.a. in den seit 2007 wöchentlich stattfindenden Arbeitsgemeinschaften des Labors, die man über Jahre besuchen kann – wie in einem Sportverein.

Das Labor ist allmählich gewachsen. 2009 wurden Räumlichkeiten am Okerufer 2 bezogen, so dass das Angebot ausgebaut werden konnte. Ca. 4.200 Besuche sind seitdem jährlich zu verzeichnen, von Kindern und Jugendlichen aller Schultypen inklusive Kitas wie auch von Referendar\*innen, an Vormittagen die Schulklassen, nachmittags Anfänger\*innen-, Fortgeschritten- und Forscher\*innen-AGs, beginnend mit Klasse 4. Neben dem Angebot vor Ort stehen Experimentierkästen zu verschiedenen Unterrichtsthemen zum Verleih bereit, um Lehrkräfte bei der Durchführung von Schülerexperimenten im Unterricht zu unterstützen. Das Team und weitere Informationen findet man auf der Homepage des Labors.<sup>15</sup>

Die Themen waren spannend („Dem Täter auf der Spur“ – bis heute ein Renner) bzw. hatten Alltagsbezug: Lebensmittel, Farben, Pflanzen, Makromoleküle (Architektur und Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Biopolymeren und Kunststoffen, Recycling), Elektrochemie, Wasser u.v.a.m. Seit 2010 kamen Projekte gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hinzu: zu Nachhaltigkeit, Energie, gegen Verschwendung von Lebensmitteln, alles gesellschaftliche Fragen, für die naturwissenschaftliches Verständnis hilfreich ist. Was lag also näher, als sich nun endlich auch mit dem Thema „Klimawandel“ zu befassen. Das hatten natürlich schon viele andere vor uns getan.<sup>16</sup> Nicht verwunderlich, denn eine erste Abschätzung, welche Auswirkung die atemberaubend schnelle Verbrennung der über Jahrmillionen entstandenen fossilen Energieträger Kohle, Öl und Erdgas zu Wasser und Kohlenstoffdioxid auf die globale Temperatur haben würden, war bereits 1896 von einem Zeitgenossen Agnes Pockels' publiziert worden.<sup>17</sup>



### Ein Zeitgenosse Agnes Pockels': Svante Arrhenius

Stockholm, 1882. – Der dreiundzwanzigjährige Svante Arrhenius hat vor einem Jahr sein Studium der Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität in seiner Heimatstadt Uppsala abgeschlossen. Nun arbeitet er in einem privaten Forschungsinstitut, aus dem die Universität Stockholm hervorgehen wird, an seiner Dissertation über die Dissoziation von Salzen in Wasser. Er steht im Institut von Edlund im Labor und konzentriert sich ganz und gar auf seine Messungen der Leitfähigkeit von Kochsalzlösungen.

So könnte 1882 ein Tag des Doktoranden **Svante August Arrhenius** (Abb. 2, 1859-1927) ausgesehen haben. Im Gegensatz zu Agnes Pockels standen ihm die Bildungseinrichtungen offen. Er konnte eine höhere Schulbildung genießen (1876 Abitur), studieren (Abschluss 1881 in Uppsala) und promovieren (1884).



Abb. 2. Svante Arrhenius<sup>18</sup>

Ausgestattet mit einem Reisestipendium der Schwedischen Akademie der Wissenschaften verbrachte er die folgenden Jahre bei führenden Vertretern der noch jungen Physikalischen Chemie, u.a. bei Wilhelm Ostwald<sup>8</sup> im russischen Riga und später in Leipzig, bei Kohlrausch in Würzburg, bei Boltzmann in Graz und bei van't Hoff in Amsterdam, bevor er 1891, im Jahr der ersten Publikation von Agnes Pockels in *Nature*, eine Stelle an der Universität Stockholm antrat. Nachdem er 1903 den Nobelpreis für Chemie erhalten hatte, wurde er 1905 Professor am eigens geschaffenen Nobel-Institut für Physikalische Chemie.

Arrhenius ist Chemiker\*innen vor allem durch die Arrhenius-Gleichung für die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen bekannt. Er verfolgte jedoch – wie damals noch möglich und häufig der Fall – universellere Forschungsinteressen, die die physikalische Chemie, die damals kosmische Physik genannten Gebiete bis hin zur Physiologie umfassen.<sup>19</sup> Seine in den 1890er Jahren erschienenen Arbeiten liegen v.a. auf dem Gebiet der physikalischen Meteorologie, der Veränderung der Atmosphäre.<sup>20</sup> Im Rahmen dieser Arbeiten



hatte Arrhenius 1896 wie oben bereits erwähnt den Effekt einer Verdopplung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf die Temperatur unter Berücksichtigung der Eis-Albedo-Rückkopplung erstmals berechnet.<sup>17</sup> Qualitativ hatte dieses erst später *greenhouse effect* bzw. *Treibhauseffekt* genannte Phänomen bereits Fourier 1824 entdeckt, 1856 Eunice Foote als erste die Erwärmung verschiedener Gase unter Sonneneinstrahlung verglichen,<sup>21</sup> 1862 Tyndall die Messung der IR-Absorption von Luft, Kohlenstoffdioxid und Ozon beschrieben,<sup>22</sup> um nur einige Pionier\*innen auf dem Weg der Entdeckung des Treibhauseffekts zu nennen. Arrhenius' Berechnung hatte Unzulänglichkeiten, aber im Grundsatz hatte er Recht.

## Der Klimawandel

Es ist hier nicht der Ort, die Geschichte der Klimawandelforschung nachzuzeichnen oder gar zu bewerten. Als Naturwissenschaftlerin weiß ich jedoch, wie sich Wissenschaft entwickelt, wie ihre wechselseitige Selbstkontrolle funktioniert, dass neue Erkenntnis erst einmal vorläufig ist, dass sie sich erhärten oder auch widerlegt werden kann, revidiert werden muss, sich oft einfach weiter differenziert, verfeinert, entwickelt. Und wie dies konkret verläuft, wird jeweils auch von der Fachdisziplin, von der Fachkultur und -historie geprägt. Durch neue Technologien und Messmethoden sind mitunter sogenannte Quantensprünge, rasante Fortschritte möglich. In vielen Bereichen, so auch der Klimaforschung, hängen diese direkt oder indirekt mit der Entwicklung der Computertechnologie zusammen, mit der ungeheuren Rechenleistung und Miniaturisierung, mit dem technischen Fortschritt der Messtechnik. Infolge sind Messungen, die Sammlung und Übermittlung von Daten oder quantitative Analysen in zuvor kaum denkbarem Umfang und hoher Dichte, mit gesteigerter Auflösung, Genauigkeit und Sensitivität und folglich bei gleichzeitig immer geringer werdendem Materialbedarf möglich geworden. All dies hat in den letzten Dekaden ungeahnte Horizonte eröffnet, hat die retrospektive Konstruktion von CO<sub>2</sub>-Daten und Temperaturen (Proxy-Daten) über tausende von Jahren und so die Verfeinerung von Modellen ermöglicht. Folglich stehen inzwischen sehr viel mehr konkrete Parameter zur Verfügung, mit denen man Klima-Modelle füttern kann, während man diese z.B. in den 80er Jahren teils noch ohne physikalische Grundlage wählen bzw. schätzen musste, damit das Modell keine unrealistischen Zustände einnahm.

Da Klima ein komplexes System darstellt, in dem sich die Variation eines Parameters nicht einfach linear auf andere Größen auswirkt (Stichwort: positive Rückkopplungseffekte, Kipp-elemente), kann man sich leicht vorstellen, dass die Annahme falscher Ausgangsbedingungen und Dynamiken zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Dies spiegelt sich auch in den jahrzehntealten Kontroversen über die qualitativen und quantitativen Auswirkungen von Effekten wider. Der Schwede Svante Arrhenius konnte der von ihm auf damaliger Wissensgrundlage berechneten Erwärmung noch etwas Positives abgewinnen<sup>17</sup> – freut man sich doch gerade im Norden über die warme Sommerzeit. Wenn auch der anthropogene CO<sub>2</sub>-Eintrag durch die Verbrennung über Jahrtausende entstandener fossiler Brennstoffe in kürzester Zeit unmittelbar einleuchtend und durch die ab 1958 von Keeling etablierten systematischen und exakten CO<sub>2</sub>-Messungen im Verbund mit Kohlenstoffisotopenanalysen belegt ist, und auch die Wechselwirkung von CO<sub>2</sub> mit IR-Strahlung längst bekannt war (s.o.), war 1990 dennoch nicht evident, welches Vorzeichen die resultierende Klimaveränderung haben würde. Zu groß war noch die Unsicherheit von in Modellierungen gesteckten Annahmen, zu „grob“ die Modelle in Hinblick auf all die zu bedenkenden Effekte wie z.B. dem Einfluss von hellen und dunklen Aerosolen auf die Albedo, die Auswirkung der Wasserdampfdruckkopplung und Wolkenbildung und viele Fragen mehr.<sup>23</sup>



Das 1988 gegründete *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC) maß mit jedem neuen Bericht (1990, 1996, 2001, 2007, 2013, Sonderberichte 2018/2019) der jeweils noch etwas vageren Aussage des Vorgängerberichts hinsichtlich des menschengemachten Klimawandels mehr Evidenz bei, so im 4. Bericht von 2001 eine oberhalb von 90 % liegende Wahrscheinlichkeit. Im 5. Bericht von 2013 heißt es dann „extrem wahrscheinlich“. Wie schon in den Jahrzehnten zuvor, blieben die Aussagen Gegenstand kontroverser wissenschaftlicher aber auch politischer Diskussionen, wenn auch die Zahl der wissenschaftlich orientierten Skeptiker immer weiter abnahm. Gerade deshalb sind die zugrundeliegenden Studien besonders intensiv auf Fehler und Plausibilität überprüft und letztlich durch weitere Studien und immer umfassendere Messdaten in ihrer Aussage bestätigt und sogar durch die Realität teils ein- und überholt worden, ein Prozess, der sich v.a. in den letzten 20 Jahren vollzogen hat.<sup>23</sup>

### Das Konzept: Labor-Versuche zum Thema Klimawandel

Wieder führt die Spur nach Schweden, nun zu einer damals 15-jährigen Schülerin, Greta Thunberg, die im August 2018 mit ihrem Schulstreik für das Klima die in besonderer Weise betroffene junge Generation mobilisierte. Infolge ist eine weltweite Bewegung entstanden. Zu den Schüler\*innen und Student\*innen von *Fridays for Future* (FFF) kamen durch einen Aufruf im März 2019 die *Scientists for Future* (S4F), die auch an der TU Braunschweig aktiv sind.<sup>24</sup>

Die sehr komplexen naturwissenschaftlichen Hintergründe zu Klimafragen sind selbst für Naturwissenschaftler\*innen anderer Disziplinen, aber erst recht für Kinder und Jugendliche nicht so leicht zu erfassen. Also begannen wir am Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor über Experimente nachzudenken, mit denen diese einige zentrale Phänomene in Laborversuchen selbst beobachten können sollten.<sup>25</sup> – Zum Einsatz sollten dabei Minicomputer mit diversen Messsonden kommen.<sup>26,27</sup> Neben Vorversuchen zu Quellen von CO<sub>2</sub> und seinen Eigenschaften (temperaturabhängige Löslichkeit, saure Reaktion, Absorption von IR-Strahlung) geht es darin um dessen Auswirkungen: Schädigung kalkhaltiger Organismen, Treibhausgaseffekt → globale Erwärmung → Gletscherschmelze und Rückkopplungsmechanismen wie die Abnahme der CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität der Ozeane infolge Erwärmung sowie die Eis-Albedo-Rückkopplung. Diese Versuchsvorschriften und Hintergrundinformationen werden nach Erprobung auf der Homepage des Agnes-Pockels-Labors<sup>15</sup> zum Download bereitgestellt. Dort findet man bereits ein umfangreiches Angebot von Versuchsvorschriften und erläuternden Hintergrundinformationen zu o.g. Themen, seit der Pandemie-bedingten Schließung im März 2020 auch „Experimente der Woche“ für die Durchführung zuhause oder auch zur Unterstützung digitalen Unterrichts. Hier möchte ich einige grundlegende Probleme aufzeigen, die uns erst im Rahmen der Ausarbeitung der Versuche zum Klimawandel nach und nach bewusst wurden.

Es gibt nämlich eine grundlegende Besonderheit, die Karl-Heinz Glaßmeier in seinem Beitrag in diesem Band<sup>28</sup> gleich eingangs anspricht: Im Bereich der geophysikalischen Forschung ist die Natur das Labor. Man kann das Erdsystem – im Gegensatz zu kleiner dimensionierten und abgrenzbaren Forschungsgegenständen – nicht auf Labordimension runterskalieren. Hinzu kommt die Zeitskala, auf der sich Veränderungen abspielen. Bei der globalen Klimaveränderung geht es um langfristige Betrachtungen, die sich über Zeiträume von Jahrzehnten, Jahrhunderten, Jahrtausenden erstrecken, ja infolge natürlicher Schwankungen erst nach Beobachtung über längere Zeiträume überhaupt Aussagekraft gewinnen können. Ein Experiment für Schüler\*innen muss aber auf einer Zeitskala von Minuten ablaufen. Man darf also von Anfang an nicht den Anspruch erheben, den Klimawandel selbst „in Klein“ im Laborversuch im Zeitraffer nachstellen zu wollen. Ein weiteres Problem ist, dass sich Klimaauswirkungen nicht aus einem





zeitlich und räumlich begrenzente Experiment ableiten lassen, sondern, wie es in der MPI-Broschüre<sup>29</sup> zur Partnerschaft Erdsystemforschung heißt, der numerischen Modellierung bedürfen: „Modellierung ist die einzige „Sprache“, in der sich die komplexen Prozesse im System Erde und seinen Komponenten qualitativ und quantitativ ausdrücken lassen. Aufgrund der vielfachen Wechselwirkungen und Rückkopplungen im Erdsystem entzieht sich die Analyse der Auswirkungen von „Störungen“ (z. B. Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen, Landnutzungsänderung oder Brandrodung) oft einer linearen und intuitiven Analyse, und häufig treten scheinbar paradoxe Effekte auf. Diese vielfachen Wechselwirkungen lassen sich nur mit Hilfe von Modellen adäquat untersuchen.“<sup>29</sup>

Neben der Berücksichtigung dieser spezifischen Randbedingungen, die sich aus dem „Gegenstand“ der Untersuchung ergeben, kann man die Planung eines Experiments noch einmal anders betrachten. Will ich bei einer chemischen Reaktion z.B. den Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit untersuchen, dann werde ich geeignete Ausgangsbedingungen wählen und die Temperatur variieren, alle anderen Reaktionsparameter aber konstant halten. Ich verfolge die Produktbildung z.B. über ein charakteristisches spektroskopisches Signal nach verschiedenen Reaktionszeiten bei der jeweils gewählten Temperatur. Aus den Ergebnissen kann ich dann die jeweilige Geschwindigkeitskonstante und – nach der Arrhenius-Gleichung – die Aktivierungsenergie berechnen. Ich werde mein Experiment so komplex wie nötig, aber so einfach wie möglich gestalten, um später eindeutige Schlüsse hinsichtlich des mich interessierenden Parameters ziehen zu können. Je komplexer mein Aufbau, desto mehr Fehlerquellen, potenzielle nicht kontrollierte Einflussfaktoren gibt es – all dies macht mein Experiment weniger robust. Unter diesem Blickwinkel ergibt sich für Laborversuche zum Klimawandel eine andere Zielsetzung: die Beobachtung der dem komplexen Geschehen „Klimawandel“ zugrundeliegenden physikalischen und chemischen Phänomene. Wir können uns nur Puzzleteile angucken, nicht das gesamte Bild, nur zwei Zahnräder, die ineinandergreifen, nicht die ganze Maschine. Und die müssen wir quasi in unser Experiment „einsperren“, während das Universum offen ist. Der Anspruch des Laborexperiments muss also von Anfang an bescheidener formuliert, anders akzentuiert werden.

Eine andere bereits angesprochene Herausforderung besteht darin, Effekte, die in der Natur erst über einen langen Zeitraum erkennbar sind, so zu forcieren, dass sie fast in Echtzeit beobachtet werden können. Diese Herausforderung ist in den Materialwissenschaften gut bekannt, wenn es darum geht, Materialermüdungen abzuschätzen. Jede\*r kennt wahrscheinlich diese Maschinen, die in Möbelhäusern immer wieder in einen Sessel stampfen, um zu demonstrieren, dass dieser auch nach jahrelanger Beanspruchung noch nicht durchgesessen ist. Geht es um Umwelteinflüsse, deponiert man Materialien in Klimakammern, die die zu erwartende thermische, atmosphärische und Strahlungsbelastung im Zeitraffer durchspielt. – Wir müssen also auch maßlos übertreiben, um messbare Effekte zu zeigen. Das kann man machen, aber in unserem Fall sind naturwissenschaftlich noch unerfahrene Kinder und Jugendliche die Zielgruppe. Man darf nicht vergessen, diesen Kompromiss mit seinen Unzulänglichkeiten zu thematisieren, um falsche Schlussfolgerungen zu vermeiden.

Hierzu ein Beispiel: die Ozeanversauerung durch die verstärkte Aufnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Die Ozeane nehmen einen erheblichen Teil des anthropogen erzeugten CO<sub>2</sub> aus der Luft auf – wegen der temperaturabhängigen Löslichkeit insbesondere an den kälteren Polen, von wo es durch thermohaline Zirkulation weiter verteilt wird.<sup>16a,30</sup> Durch vermehrte Aufnahme von CO<sub>2</sub> kommt es jedoch zur sogenannten Ozeanversauerung. Der mittlere pH des Ozeans liegt bzw. lag bei 8,2. Durch den anthropogenen CO<sub>2</sub>-Anstieg ist er im globalen Mittel um 0,1 gesunken. Das ist auf der pH-Skala von 0-14 mit 7 als Neutralpunkt noch nicht im sauren Bereich (0 bis <7), aber relativ ist es eine Veränderung in Richtung „sauer“. Im Experiment für



die Schüler\*innen wird nun in Leitungswasser so viel  $\text{CO}_2$  eingeleitet, dass der pH auf ca. 6 sinkt, die Lösung also tatsächlich sauer wird. Der pH-Wert wird zum einen über die Farbänderung eines Universalindikators visuell verfolgt, aber auch mit Hilfe einer pH-Elektrode und den schon genannten Minicomputern aufgezeichnet. Im zweiten Teil des Experiments wird die  $\text{CO}_2$ -gesäuerte Lösung erhitzt. Es soll gezeigt werden, dass die Wasserlöslichkeit des  $\text{CO}_2$  temperaturabhängig ist, dass sie mit steigender Temperatur abnimmt. Das eingeleitete  $\text{CO}_2$  wird also wieder ausgetrieben. Der pH steigt auf 7,9, wobei hier auf ca.  $70^\circ\text{C}$  erwärmt wird (Abb. 3). – Es ist klar, dass der Anstieg der mittleren Meeresoberflächentemperatur<sup>31</sup> nicht  $50^\circ\text{C}$  beträgt, aber nur so ist der Effekt schnell und gut zu beobachten.

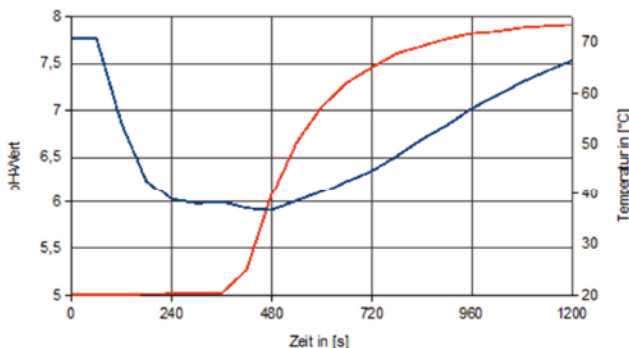


Abb. 3: Änderung des pH-Wertes (dunkle Linie) von Wasser nach dem Zusetzen  $\text{CO}_2$  bei  $20^\circ\text{C}$  und anschließendem Erhitzen (Temperaturverlauf: helle Linie).

Weitere Experimente zeigen die Wirkung der „Kohlensäure“<sup>32</sup> auf kalkhaltige Meeresorganismen (Kalkflagellaten, Seeigel u.ä.). – Die Schüler\*innen könnten nun den Schluss ziehen, dass man wenigstens diese Schädigungen durch die globale Erwärmung verhindert, weil sich bei höherer Temperatur weniger  $\text{CO}_2$  in den Ozeanen löst. Sie könnten allein durch den gängigen Begriff „Ozeanversauerung“, aber auch aufgrund der selbst aufgezeichneten pH-Verläufe annehmen, dass die Meere tatsächlich sauer werden. Hier ist Aufmerksamkeit geboten, solche Fehlschlüsse zu vermeiden. Wichtig ist hingegen, die positive Rückkopplung zu erkennen: Wird es wärmer, nehmen die Ozeane weniger  $\text{CO}_2$  auf. Folglich verbleibt anteilig mehr  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre, was wiederum die globale Erwärmung und damit auch die der Meere befördert, die ca. 90 % dieser Wärme aufnehmen.<sup>33</sup>

Und damit sind wir beim sogenannten „Treibhauseffekt“, dessen Übersetzung in ein Laborexperiment besonders viele Fragen aufwirft. – Worum geht es? Dies soll hier kurz skizziert werden. Die elektromagnetische Strahlung der Sonne (Ultraviolett (UV) und sichtbarer Bereich) wird von der Erdoberfläche, lokal je nach Beschaffenheit, im Mittel zu ca. 70 % absorbiert und als längerwellige Infrarotstrahlung (IR) wieder abgegeben. Diese Abstrahlung in die Atmosphäre wird jedoch insbesondere durch Wasserdampf und Wolken (kondensierte Wassertropfchen) geschwächt, u.a. indem die Wassermoleküle die von der Erde kommende gerichtete Strahlung absorbieren und isotrop wieder abgeben. Dadurch wird ein erheblicher Teil dieser Strahlung umgelenkt und verbleibt in der Troposphäre. Dieser „natürliche Treibhauseffekt“ beschert uns eine mittlere Temperatur von  $+15^\circ\text{C}$  statt  $-18^\circ\text{C}$  und macht so das Leben auf der Erde erst möglich. Während die Hauptbestandteile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, aus Sym-



metriegründen keine IR-Strahlung absorbieren können, finden wir in den sogenannten Klimagasen Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ), Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Fluorkohlenwasserstoffe (FCKWs) oder auch das zur Isolation in Transformatoren verwendete Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) Luftbestandteile, die IR-aktiv sind. Ihre Wirkung, die man im Gegensatz zum natürlichen als „anthropogenen Treibhauseffekt“ bezeichnet, hängt dabei jeweils von der Stärke und Lage ihrer Absorptionsbanden, ihrer Verweildauer in der Atmosphäre und natürlich ihrer Menge ab. Die Konzentration von  $\text{CO}_2$  ist von vorindustriellen 280 ppm über ca. 310 ppm im Jahr 1955 auf inzwischen 410 ppm angestiegen (Abb. 4).<sup>34</sup>

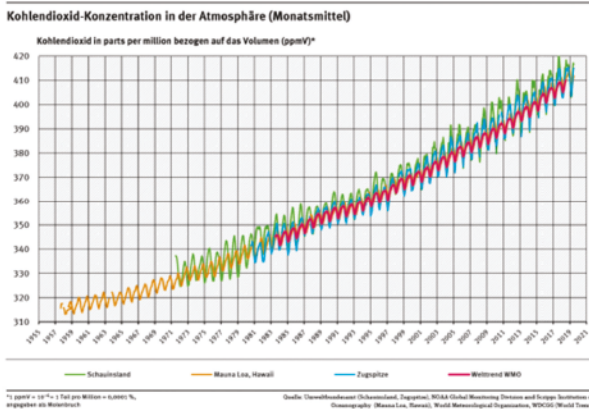


Abb. 4: Entwicklung der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre von 1955-2019.  
 Quelle: Umweltbundesamt<sup>34</sup>

Anthropogene Quellen für  $\text{CO}_2$  sind v.a. die Verbrennung von Kohle und Kohlenwasserstoffen für Mobilität und Heizen, die Landwirtschaft, aber auch die Stahlherstellung mit Kohle als Reduktionsmittel oder der Bausektor. Methanemissionen werden durch Wiederkäuer (v.a. Rinderhaltung), den nassen Reisanbau und generell durch aerobe Fäulnisprozesse verursacht und potentiell aus den Permafrostböden, aus denen der darin gespeicherte gasförmige Kohlenwasserstoff bei Auftauen freigesetzt werden wird.<sup>35</sup> Wir wollen aber hier beim bekanntesten und wichtigsten Klimagas  $\text{CO}_2$  bleiben.

Der Name „Treibhauseffekt“ lässt an ein Gewächshaus denken, in dem es durch Sonneneinstrahlung zu einer relativen Erwärmung im Vergleich zur Außentemperatur kommt, zu einem „Einfangen“ der Wärme. Der Grund dafür ist hier jedoch ein anderer: Durch das IR-intransparente Glasdach (ab  $\lambda = 2,8 \mu\text{m}$  entsprechend der Wellenzahl  $1/\lambda = \tilde{\nu} = 3600 \text{ cm}^{-1}$ ) wird die Strahlung einerseits am Austritt gehindert, zum anderen behindert die Barriere den vertikalen Wärmeabfluss durch Konvektion. Strömungen von Flüssigkeiten und Gasen, die mit Stoff- und Wärmetransport einhergehen (Konvektion) werden durch Dichteunterschiede verursacht. Diese können zum einen durch unterschiedliche Temperaturen desselben Stoffes oder, bei Gasen, die ja pro Mol dasselbe Volumen einnehmen, allein durch die molare Masse bedingt sein ( $\text{CO}_2$ : 44, Luft: 29, Methan: 16 g/Mol; entsprechend unter Normalbedingungen Dichten von 1,96, 1,29 bzw. 0,71 g/L), bei Flüssigkeiten auch durch darin gelöste Stoffe, also in den Ozeanen durch die unterschiedlichen Salzgehalte von Süß- und Salzwasser. In der Troposphäre ist die Konvektion hingegen nicht derartig behindert. Der Treibhauseffekt basiert v.a. auf dem Absorptionsverhalten gegenüber der IR-Strahlung. Für ein Laborexperiment stellt man im Gegensatz



zum Erdsystem eine reine  $\text{CO}_2$ -Atmosphäre her, um einen ausreichend großen Temperatureffekt im Vergleich zu Luft beobachten zu können. Schließt man diese Atmosphäre ein, kommen die genannten Gewächshauseffekte hinzu. Je nach Versuchsaufbau kann passieren, dass man zwar zu der gewünschten Beobachtung kommt, aber möglicherweise aus physikalisch anderen Gründen als man demonstrieren wollte. Wir haben daher bei unseren Experimenten auf einen Aufbau gesetzt, bei dem lediglich das in ein Becherglas gefüllte Gas variiert, alles andere wie Strahlungsquelle, Abstand und Einfallswinkel, Lokalisierung des Thermoelements etc. konstant gehalten wird. Dann sollten die für die beiden Gase beobachteten Temperaturunterschiede ausreichend reproduzierbar und allein auf das Gas – Luft oder  $\text{CO}_2$  – zurückzuführen sein. Die Konvektion wird durch eine Abdeckung behindert. In einer einfachen Variante, bei der direkt mit einer IR-Quelle eingestrahlt wird, wird das mit dem Gas befüllte Becherglas mit einer Cellophanfolie verschlossen, die eine geringe Gasdurchlässigkeit besitzt. In einer komplexeren Variante wird zusätzlich eine Petrischale mit Wasser als Abdeckung gewählt, die für Wolken steht (Abb. 5). Eingestrahlt wird hier mit energiereicherer (kurzwelligerer) Strahlung, die „Sonne“ repräsentierend, die von einer dunklen Pappe am Becherglasboden („Erdboden“) absorbiert und als Wärmestrahlung abgestrahlt wird. Über eine Dauer von 30 Minuten wird die in Abb. 5 gezeigte Temperaturentwicklung beobachtet. Infolge der behinderten Konvektion kommt es unter den gewählten Bedingungen zu einem Temperaturanstieg um  $15^\circ\text{C}$  (Luft) bzw.  $17^\circ\text{C}$  ( $\text{CO}_2$ ), also zu einer Differenz von  $2^\circ\text{C}$ .

Bezugnehmend auf einen Schüler\*innenversuch zum Treibhauseffekt weisen Wagoner et al.<sup>16d</sup> nach, dass der darin beobachtete Temperatureffekt beim Einleiten von  $\text{CO}_2$  anstelle von Luft auf geringere Konvektion bei  $\text{CO}_2$  infolge seiner höheren Dichte zurückzuführen ist (s.o.). Sie demonstrieren dies, indem sie ein Kontrollexperiment mit Argon durchführen, das wie  $\text{CO}_2$  eine deutlich höhere Dichte als Luft besitzt.<sup>16d</sup> In dem dort beschriebenen offenen Aufbau zeigt Argon etwa denselben Effekt wie  $\text{CO}_2$ , obwohl es nicht IR-aktiv ist. Darüber hinaus wird zur Überprüfung die zu erwartende Größenordnung des Temperatureffekts berechnet und gezeigt, dass dieser wesentlich kleiner sein sollte als der beobachtete – auch dies immer ein sinnvolles Kontrollinstrument, um die Plausibilität eines Ergebnisses zu überprüfen.

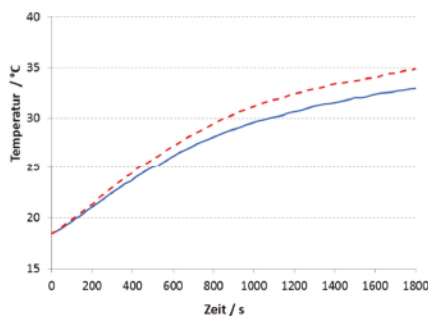


Abb. 5: Temperaturmessung von Luft (—) und  $\text{CO}_2$  (---) bei Bestrahlung mit weißem Licht (Philips PAR38 EC, 120W). Links: Versuchsaufbau, rechts: Temperaturverlauf über 30 min.

Die amerikanische Wissenschaftlerin Eunice Foote (1819-1888) hat 1856 als erste die Erwärmung eingeschlossener Gase – trockene und feuchte Luft sowie Kohlenstoffdioxid – vergleichend untersucht,<sup>21</sup> Experimente, auf die ich erst beim Schreiben dieses Aufsatzes aufmerksam geworden bin. Es ist ganz offensichtlich, dass bei ihr wie auch in unseren oben beschriebenen Experimenten die Unterbindung der Konvektion maßgeblich für den starken Temperaturanstieg der Gase ist. Wir sind jedoch zuversichtlich, dass dichtebedingte Konvektionsunterschiede





durch das Einsperren einheitlicher Gase, in denen sich keine Schichtung oder Gradient ausbilden wird, nicht zum Tragen kommen. Daher weisen wir in den Begleitmaterialien auch nachdrücklich darauf hin, dass der Aufbau exakt eingehalten werden muss und dass lediglich die beobachtete Temperaturdifferenz zwischen den beiden Gasen relevant ist.

Ein kritischer Parameter ist auch die Feuchtigkeit der Gase. Wie oben erwähnt, absorbiert Wasserdampf in einem weiten Bereich der IR-Strahlung. Wasserdampfemissionen selbst sind nicht relevant, weil dieser – anders als  $\text{CO}_2$  – mit dem flüssigen Wasser im Gleichgewicht steht und nur kurz in der Atmosphäre verweilt. Allerdings gibt es eine Wasserdampfdruckkopplung durch eine  $\text{CO}_2$ -getriebene Erwärmung, weil die Atmosphäre mit steigender Temperatur mehr Wasserdampf aufnehmen kann, der dann den Temperaturanstieg zusätzlich verstärkt.<sup>36</sup> Auch darauf muss je nach Umgebungsbedingungen geachtet werden.

Ein erster praktischer Einsatz der Versuche am Diakonie-Kolleg in Wolfenbüttel wurde mit Interesse aufgenommen und führte zur Sensibilisierung, Wissenszuwachs und kreativen Ideen. Weitere Erprobungen durch die das Agnes-Pockels-Labor besuchenden Schulen aus Braunschweig, von Peine bis Helmstedt, von Wolfsburg bis Wolfenbüttel, Goslar und Salzgitter warteten auf die Wiedereröffnung des Labors nach „Corona“.

## Fazit

Anliegen dieses Aufsatzes war es, die von den Zeitgenossen Agnes Pockels und Svante Arrhenius ausgehenden Linien in den Klimawandelversuchen am Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor der TU Braunschweig zusammenzuführen. Beide waren Physikochemiker\*innen, die bahnbrechende Pionierarbeiten auf diesem damals jungen Gebiet geleistet haben. Sie, die Autodidaktin, die einfallsreich und innengeleitet trotz aller Barrieren für Frauen ihrer Begabung folgte, dabei dennoch ihre „Tochterpflichten“ erfüllte. Er, der vielseitig interessierte und talentierte junge Wissenschaftler, dem die akademische Welt offenstand und der die Effekte von IR-aktiven Gasen auf die globale Temperatur erstmals berechnet hat. – Haben sie sich einmal persönlich getroffen? – Eher nicht. Aber von seinen Arbeiten, die auch in der von ihr seit 1890 abonnierten Naturwissenschaftlichen Rundschau besprochen sind,<sup>37</sup> dürfte sie Notiz genommen haben, und er vielleicht auch von ihren. Auch Agnes Pockels interessierte sich für Meteorologie, fürs Universum, für die „willkürlich gesetzten Bedingungen, die zusammen mit den Naturgesetzen das Geschehen bestimmen“, wie sie in ihren Ausführungen zum „Willkürlichen in der Welt“ in den Annalen der Naturphilosophie 1909 zum Ausdruck bringt.<sup>38</sup> Und Svante Arrhenius gilt als jemand, der mit seiner Reihe „Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten“ ein populärwissenschaftliches Genre etabliert hat.<sup>19</sup>

Und nun, im Jahre 2020, bemühen wir uns in Agnes Namen, Mädchen die MINT-Fächer näher zu bringen und dies u.a. am Beispiel der Auswirkung von Kohlenstoffdioxid auf die Temperatur, die der Sohn von Carolina Christina Arrhenius, geb. Thunberg,<sup>39</sup> vor mehr als 100 Jahren publiziert hat. Dabei sollte insbesondere die Schwierigkeit in den Blick gerückt werden, eine solch komplexe Thematik wie das Klima mit seinen zeitlichen und räumlichen Dimensionen in Schülerexperimenten „einzufangen“. Dies kann meines Erachtens nur anhand der Demonstration einzelner physikalischer und chemischer Phänomene gelingen, die dann wiederum hinsichtlich ihrer Bedeutung und Interaktion in den großen Zusammenhang gestellt werden müssen.



*Zum Schluss noch eine persönliche Anmerkung:*

*Ich habe das Agnes-Pockels-Labor für Chemie seit 2002 aufgebaut und über die Jahre weiterentwickelt. Dabei konnte ich mich immer auf viele treue kompetente und engagierte Mitarbeiterinnen<sup>15</sup> stützen, die für Qualität, Verlässlichkeit und ein gutes Arbeitsklima gesorgt haben. Allen, die Mitglieder des Teams waren oder sind, möchte ich an dieser Stelle ganz herzlich danken, ebenso der TU Braunschweig für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und die finanzielle Unterstützung im Rahmen der Schule-Uni-Projekte (check-in<sup>40</sup>).*

*Mit meinem Eintritt in den Ruhestand habe ich das Labor zum 01.09.2020 an den Kollegen Prof. Christoph Jacob und Frau Dr. Insa Stamer (wissenschaftliche Leitung) übergeben<sup>41</sup> und wünsche ihnen für ihre Arbeit viel Freude und Erfolg.*

### Quellen und Anmerkungen

1. Heute dem Grundstück Kasernenstr. 7 entsprechend. Dort lebte Fam. Pockels von 1873/74 bis 1922/23, vorher ab 1871 Bültengeweg 9, Agnes Pockels danach in der Hagenstraße 34 (heute Steinbrecherstr. 34) bis zu ihrem Tod im 2. OG (Auskunft von Herrn Wulle, Archiv TU BS, anhand der Braunschweiger Adressbücher)
2. Archiv der Technischen Universität Braunschweig, „Lebensereignisse von Agnes Pockels“ (bis 1907)
3. (a) Lord Rayleigh: Ueber die Spannung frisch gebildeter Flüssigkeits-Oberflächen *Naturwiss. Rundsch.* 5 (1890) 459-460; (b) Lord Rayleigh: Ueber die oberflächliche Zähigkeit des Wassers, *Naturwiss. Rundsch.* 5 (1890) 587-589.
4. Agnes Pockels. Surface Tension. *Nature* 43 (1891) 437-439.
5. (a) Agnes-Pockels. On the relative contamination of the water surface by equal quantities of different substances. *Nature* 46 (1892) 418-419; (b) Agnes Pockels. On the relations between the surface-tension and relative contamination of water-surfaces. *Nature* 48 (1893) 152-154; (c) Agnes Pockels. On the spreading of oil upon water, *Nature* 50 (1894) 223-224.
6. Agnes Pockels. The measurement of surface tension with the balance. *Science* 64, 1926, 304.  
DOI: 10.1126/science.64.1656.304.
7. Deren Anteil liegt deutschlandweit bei 0-5%. s. „Frau Dr. h. c. Unerwünscht!“ von Sarah Marak und Heike Paul, November 2020, 16:53 Uhr Editiert am 16. November 2020, 15:55 Uhr DIE ZEIT Nr. 47/2020, 12. November 2020, <https://www.zeit.de/2020/47/gleichstellung-frauen-wissenschaft-ehrendoktorwurde-gender-gap-universitaet> (Zugriff am 08.12.2020)
8. Der Professor für Kolloidchemie an der Universität Leipzig Wolfgang Ostwald (1883-1943) war der Sohn von Wilhelm Ostwald (1853-1932), Mitbegründer der Physikalischen Chemie, Nobelpreisträger für Chemie von 1909 und „Entdecker“ Svante Arrhenius<sup>4</sup>, mit dem ihn eine lebenslange Freundschaft verband, die sich auf beide Familien und über Generationen erstreckte (persönliche Mitteilung der Enkelin Wilhelm Ostwalds Gretel Brauer (1918-2008), Großbothen, 2005).
9. Wolfgang Ostwald. Die Arbeiten von Agnes Pockels über Grenzschichten und Filme. *Kolloid-Zeitschrift* 58, 1932, 1-8.
10. <https://www.tu-braunschweig.de/forschung/wissenschaftlicher-nachwuchs/postdoc-konzept/agnes-pockels-junior-fellowship> (Zugriff am 20.12.2020).
11. <https://www.livmats.uni-freiburg.de/en/career/agnes-pockels-jrg-program> (Zugriff am 20.12.2020) Thema: Living, Adaptive and Energy-autonomous Materials Systems.
12. <https://bunsen.de/auszeichnungen/ausschreibungen> (Zugriff am 20.12.2020).



13. (a) Klaus Beneke: Agnes (Luise Wilhelmine) Pockels. Forschende Hausfrau; bedeutende Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Grenz- und Oberflächenchemie, 2005, <https://www.unikiel.de/anorg/lagaly/group/klausSchiver/pockels.pdf> (Zugriff am 20.12.2020); (b) Klaus Beneke: Die Untersuchungen von Agnes Pockels. In: Zur Geschichte der Grenzflächenerscheinungen – mit ausgesuchten Beispielen. Beiträge zur Geschichte der Kolloidwissenschaften, IV. Mitteilungen der Kolloid-Gesellschaft 1995, Verlag Reinhard Knof, 40-43; (c) Elisabeth Pockels: Ein gelehrtes Geschwisterpaar. Zur Erinnerung an Agnes Pockels (1862-1935). Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde 24 (1949) 303-307; (d) Gabriele Beisswanger: Agnes Pockels (1862-1935) und die Oberflächenchemie. *ChiuZ* 25 (1991) 97-101, doi/epdf/10.1002/ciuz.19910250206; (e) Petra Mischnick: Agnes Pockels (1862-1935). *CHEMKON* 19 (2012) 78-82, doi: 10.1002/ckon.201210173; (f) Sonja Schwarzl, Andrea Kruse: Zum Beispiel Agnes Pockels. *Nachr. Chem.* 50 (2002) 759-760, <https://doi.org/10.1002/nadc.20020500638>; (g) Katharina Al-Shamery: Agnes Pockels (1862-1935), in *Women in Chemistry* (Eds. J. Apotheker, L.S. Sarkadi), Wiley-VCH, Weinheim 2011, S. 35-38; (h) Braunschweiger Frauen gestern und heute. Sechs Spaziergänge. Arbeitskreis Andere Geschichte e.V. Braunschweig 2002, S. 111-112; (i) Gabriele Armenat, *Frauen aus Braunschweig*, 3. erw. Auflage, Braunschweig 1991, S. 81-85.
14. Die Idee stammte von Prof. Dr. Henning Hopf.
15. <https://www.tu-braunschweig.de/agnes-pockels-labor> (Hier findet man auch das Team).
16. z.B. (a) BIOACID Broschüre: „Das andere CO<sub>2</sub>-Problem“: Acht Experimente für Schüler und Lehrer; Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (GEOMAR); 2. Auflage, Januar 2012 <https://www.oceanacidification.de/category/downloads/> (Zugriff am 11.05.2020); (b) Ingo Mennerich, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O in der Atmosphäre – Experimente zum Treibhauseffekt. Arbeitshilfe Nr. 19.43, Hrsg: Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Biologie und Schule, überarb. Auflage 2007; (c) Richard M. Fuller, Greenhouse Effect Study Apparatus, *Am. J. Phys.* 41 (1973) 443. doi.101119/1.1987255.; (d) Paul Wagoner, Chunhua Liu, R.G. Tobin, Climate change in a shoebox: Right result, wrong physics. *Am. J. Phys.* 78 (2010) 536-540. doi.org/10.1119/1.3322738 und darin zitierte Arbeiten.
17. Svante Arrhenius, On the Influence on Carbonic Acid in the Air on the Temperature on the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science* 41 (1896) 237-276.
18. <https://www.uni-wuerzburg.de/uniarchiv/persoennlichkeiten/bedeutende-gelehrte/svante-arrhenius/>  
Quelle: Armin Kübelbeck, Wikimedia Commons.
19. Elisabeth Crawford: Arrhenius. From Ionic Theory to the Greenhouse Effect. *Uppsala Studies in History of Science*, 23, 1996.
20. Helge Kragh, Svante Arrhenius, cosmical physicist and auroral theorist. *Hist. Geo. Space Sci.* 4 (2013) 61-69, doi.10.5194/hgss-4-61-2013.
21. Eunice Foote: Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays. In: *The American Journal of the Science and Arts*. 22 (1856) XXXI, 382-383. Zu Eunice Foote (1819-1888) s. auch [https://de.wikipedia.org/wiki/Eunice\\_Newton\\_Foote](https://de.wikipedia.org/wiki/Eunice_Newton_Foote) (Zugriff am 27.12.2020): 1819-1888, US-amerikanische Erfinderin und Forscherin auf dem Gebiet der Atmosphärenchemie, die durch glückliche Umstände in New York naturwissenschaftliche Vorlesungen hören durfte. s. dazu auch Akshat Rathi: The female scientist who identified the greenhouse-gas effect never got the credit. In: *qz.com*. Quartz, Zugriff am 04.01.2021.
22. John Tyndall: *Further Researches on the Absorption and Radiation of Heat by Gaseous Matter*. Vorlesung gehalten vor der Royal Society, 30. Januar 1862. In: *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat*. D. Appleton and Company, New York 1873. (zitiert nach [https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte\\_des\\_Klimawandels#John\\_Tyndall](https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte_des_Klimawandels#John_Tyndall))



23. Klimawandelgeschichte: (a) Spencer Weart: *The Discovery of Global Warming*, Center of History am American Institute of Physics. <https://history.aip.org/climate/co2.htm> (Zugriff am 20.12.2020); (b) [https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte\\_des\\_Klimawandels](https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte_des_Klimawandels) (Zugriff am 14.12.2020)
24. <https://www.s4f-bs.org/>
25. An der Entwicklung der Versuche und Begleitmaterialien waren beteiligt: Dr. Christa Eggers, Ulrike Harnischmacher, Dr. Siegrid Philipp, Dr. Friederike Predöhl, Petra Schille.
26. „Integration neuer Medien in die MINT-Angebote des Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labors der TU Braunschweig – neue Versuche zum Thema Klimawandel“, gefördert in 2020 durch die Ecki Wohlgelegen Stiftung, treuhänderisch verwaltet durch die Braunschweiger Bürgerstiftung.
27. Manuel Wejner, Timm Wilke: Low Cost – High Tech: Die digitale Messstation LabPi. CHEMKON 7 (2019), 294-300.
28. Karl-Heinz Glaßmeier: Nach-Gedanken eines extraterrestrischen Physikers, dieser Band, S. 213-223.
29. Partnerschaft Erdsystemforschung, MPI für Biogeochemie, Jena, MPI für Chemie, Mainz, MPI für Meteorologie, Hamburg (Hrsg.), 2006. [https://mpimet.mpg.de/fileadmin/communication/ESRP\\_d\\_low.pdf](https://mpimet.mpg.de/fileadmin/communication/ESRP_d_low.pdf) (Zugriff am 22.12.2020)
30. Aufgrund unterschiedlicher, nicht immer klar definierter Angaben nenne ich nur eine Größenordnung von ca. 30 %
31. SST sea surface temperature, zu Veränderungen s. [https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Erw%C3%A4rmung\\_des\\_Ozeans](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Erw%C3%A4rmung_des_Ozeans) (Zugriff am 31.12.2020).
32. Kohlenstoffdioxid reagiert mit Wasser unter Bildung einer sauren Lösung. Kohlensäure existiert nur in Spuren. s. „Der Kohlensäure auf der Spur“. CHEMKON 18 (2011) 92.
33. [https://de.wikipedia.org/wiki/Globale\\_Erwärmung](https://de.wikipedia.org/wiki/Globale_Erwärmung) (Zugriff am 28.07.2020)
34. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2\\_abb\\_kohlendioxid-konz\\_2020-06-24.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_kohlendioxid-konz_2020-06-24.pdf) (Zugriff am 22.12.2020)
35. <https://bildungsserver.hamburg.de/treibhausgase/2056806/methan-quellen-und-senken/> (Zugriff am 19.12.2020)
36. <https://www.weltdrphysik.de/gebiet/erde/atmosphaere/klimaforschung/wasserdampf/> (Zugriff am 26.12.2020)
37. Svante Arrhenius: Ueber die Dissociationswärme und den Einfluss der Temperatur auf den Dissociationsgrad der Elektrolyte, *Naturwiss. Rundsch.* 5 (1890) 501-502.
38. Agnes Pockels: Das Willkürliche in der Welt, *Annalen der Naturphilosophie* 8 (1909) 321-328.
39. Svante August Arrhenius wurde als Sohn von Svante Georg Arrhenius (1813–1885) und seiner Frau Carolina Christina (geb. Thunberg) (1820–1906) geboren; [https://de.wikipedia.org/wiki/Svante\\_Arrhenius](https://de.wikipedia.org/wiki/Svante_Arrhenius) (Zugriff am 27.12.2020). Es besteht eine weit entfernte Verwandtschaft mit Greta Thunberg.
40. <https://www.tu-braunschweig.de/check-in> (Zugriff am 04.01.2021)
41. (a) Katja Dartsch: „Das SchülerInnen-Labor der TU experimentiert jetzt auch online“, Braunschweiger Zeitung, 01.10.2020; (b) <https://magazin.tu-braunschweig.de/m-post/mit-digitalen-experimenten-die-region-erreichen/> (Zugriff 04.01.2021)





## Das Biosphärenreservat C  n Gi  r in Vietnam in einer sich wandelnden Umwelt

OTTO RICHTER<sup>2</sup>, ANH NGUYEN<sup>1</sup>, BAO V. Q. LE<sup>1</sup> UND TRUC NGUYEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Environment and Resources, Vietnam National University Ho Chi Minh City, 142 To Hien Thanh, District 10, 72506 Ho Chi Minh City, Vietnam; anhnguyen.ier@gmail.com

<sup>2</sup> Institut für Geoökologie, Technische Universität Braunschweig, 38106 Braunschweig; o.richter@tu-bs.de

### 1. Einführung

Mangroven  kosysteme sind typisch für   stuare in den tropischen und subtropischen Zonen. Sie sind das Bindeglied zwischen terrestrischen und marinen Ökosystemen und unterliegen einer ausgeprägten Dynamik durch die Gezeiten. Durch die Netzwerke ihrer Wurzeln sind Mangroven in der Lage, sich in instabilen Habitaten zu etablieren. Ihre an hohe Salzgehalte und anoxische Verhältnisse angepasste Physiologie ermöglicht das Wachstum unter den extremen Bedingungen eines   stuars und verschafft ihnen einen Vorteil gegenüber den Landpflanzen. Mangrovenwälder liefern eine Vielzahl von ökologischen Dienstleistungen. Diese reichen vom Küstenschutz, Bereitstellung von Habitaten und Brutzonen für viele aquatische Organismen und Phytoremediation bis hin zu touristischen Dienstleistungen. Das Biosphärenreservat C  n Gi  r in Vietnam steht seit einigen Jahrzehnten im Focus wissenschaftlichen Interesses. Das liegt vor allem an der Geschichte dieses Mangrovenwaldes, der im Vietnamkrieg größtenteils durch Entlaubung zerstört wurde und nach dem Krieg wieder aufgeforstet wurde. Dadurch war es möglich, die Neuetablierung dieses Ökosystems zu verfolgen. Eine andere Motivation ist die Erforschung der Auswirkungen von Umweltbelastung der Mangrovenwälder durch Schadstoffemissionen benachbarter Industrieregionen. Institute der Technischen Universität Braunschweig waren an mehreren Forschungsprojekten in Zusammenarbeit mit vietnamesischen Forschungsinstitutionen, u.a. mit dem „Institute for Environment and Natural Resources (IER)“ und der „Vietnam National University“ beteiligt. In dem vom Leichtweiß Institut für Wasserbau der TU Braunschweig von Prof. Meon koordinierten Verbundprojekt „Technologien zum nachhaltigen Gewässer- und Umweltschutz von K  stenlandschaften in Vietnam“ (Meon et al. 2017) untersuchte ein Teilprojekt unter der Leitung von Prof. Richter, Institut für Geoökologie, die Auswirkung von Belastungen durch Schwermetalle auf das Wachstum von Mangroven. Nach Beendigung des Projektes (Laufzeit: 2012 bis 2015) wurde die Zusammenarbeit des Instituts für Geoökologie mit dem IER unter Federführung der Abteilung für „Environmental Informatics (Leiterin Dr. Nguyen Hoang Anh)“ und mit Unterstützung durch die „Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED)“ erfolgreich fortgeführt.   ber einige der in dieser Zusammenarbeit erarbeiteten Forschungsergebnisse soll hier berichtet werden.

### 2. Das Biosphärenreservat

Der C  n Gi  r Distrikt umfasst ein Gebiet von ca. 35 km Länge und 30 km Breite und ist ca. 50 km südöstlich von Ho Chi Minh Stadt (früher Saigon) gelegen. Abbildung 1 zeigt einige Aspekte des Biosphärenreservates. Die Region ist ein Komplex von Deltas der Flüsse Saigon, Dong Nai und Vam Co, die in das S  dchinesische Meer (East Sea) entwässern, und ist im Osten begrenzt durch den Thi Vai Fluss. Abbildung 2a zeigt ein digitales Höhenmodell der Region. Die Höhen variieren zwischen 0.0 bis 2.5 m über NN, das gesamte Gebiet hat eine leichte



Neigung in NE- SW Richtung. Der Untergrund besteht aus quartären Sedimenten (Abb. 2 b). Aus geomorphologischen Untersuchungen (Fujimoto et al. 2011) geht hervor, dass sich das Delta und der Mangrovenwald seit ca. 2600 Jahren (cal BP) entwickelt haben, wobei die heutige



*Abb.1 a: Wurzelnetzwerk eines Mangrovenbestandes (alle Fotos Richter)*

*Abb.1 b: Überflutungsbereich bei Ebbe*

*Abb. 1c: Aussicht vom Zentrum des Mangrovenwaldes*

*Abb. 1d: Ansiedlung von Sämlingen (Propagule) im Überflutungsbereich*

*Abb. 1 e: Rolle der Mangroven als Küstenschutz*

*Abb. 1 f: Versuchsanlage zur Aufnahme von Schwermetallen von jungen Mangroven*

Ausdehnung seit ca. 400 Jahren (cal BP) relativ stabil geblieben ist. Bestimmend für den Salzgehalt der Böden und damit für die Verbreitung von Mangroven ist der Tidenhub. Im Höhenbereich von 0 bis 0.5 m findet zweimal am Tag eine Überflutung mit Amplituden von bis zu



4m statt. Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Tide an einem Messpegel am Thi Vai Fluss. Entsprechend den Überflutungen variieren die Salzgehalte der Böden (Abb. 2c) und bestimmen die Habitateignung für Mangrovenarten gemäß ihrer Salztoleranz. Der Mangrovenwald bedeckt 44.5 % der Fläche des C  n Gi   Distriktes mit einem Anteil von 26.6 % Aufforstungen und 17.9 % natürlichem Wald (Vien Ngoc Nam et al. 2014).

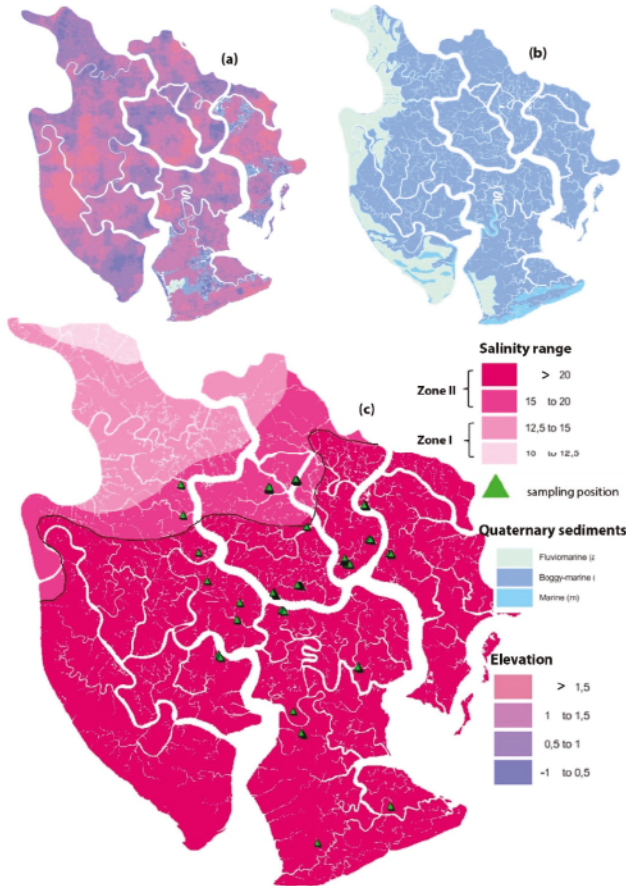


Abb.2. Geomorphologie des C  n Gi   Distriktes. a: Höhenmodell, b: Verteilung der Sedimente, c: Salzgehalt. Die Dreiecke markieren Untersuchungsflächen.

Der Mangrovenwald hat eine lange Geschichte: In der Kolonialzeit wurde er, wie alle Wälder in Indochina, vom Service Forestier de l'Indochine verwaltet (Cleary 2005, Buchy 1993). Auf der „Carte Foresti  re de l'Indochine“ aus dem Jahre 1938 ist das C  n Gi   Gebiet als „Réserve Foresti  re“ eingezeichnet (Joffre 2010). Dieser Status besagte, dass die wirtschaftliche Nutzung unter Kontrolle der Verwaltung stand. Im Vietnamkrieg wurden die Mangrovenwälder von



1965-1970 großflächig mit Entlaubungsmitteln (Agent Orange) besprüht, um der FNL sowohl Tarnung als auch Nahrungsmittel zu entziehen (Ross 1975). Dadurch wurden 57 % der Wälder zerstört. Ab 1978 wurde ein intensives Wiederaufforstungsprogramm aufgelegt. Bis zum Jahr 1994 wurden 23.000 ha hauptsächlich mit der schnellwüchsigen und ökonomisch bedeutsamen Baumart

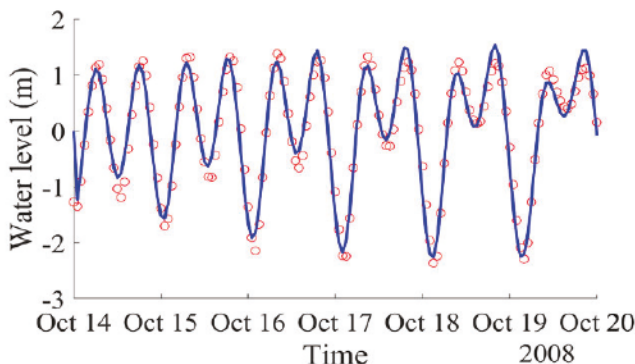


Abb. 3. Verlauf der Wasserstände an einem Messpegel im Thi Vai Fluss nahe der Mündung. Die Punkte stellen Messwerte dar, die Linie die mit dem hydrologischen Modell Delft3D berechneten Werte (Nguyen et al. 2020 a).

*Rhizophora apiculata* und anderen Arten wie *Eucalyptus spp.*, *Nypa fruticans*, *Ceriops tagal* und *Rhizophora mucronata* wiederaufgeforstet (Tab. 1), die dominierenden Arten im südlichen Bereich sind *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata* und *Phoenix paludosa*. In einem Kernbereich von 1700 ha läuft eine natürliche Sukzession ab. Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Biomasse des Mangrovenwaldes seit dem Jahr 1973. Dargestellt sind die Renormalized Difference Vegetation Indices (RDVI) gebildet aus Landsat Daten. Diese Index“ ist definiert durch  $RDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{\sqrt{R_{NIR} + R_{RED}}}$  und korreliert gut mit der Biomasse (Rougean and Breon 1995), wobei  $R_{NIR}$  und  $R_{RED}$  die spektrale Reflektanz im nahen infraroten und im roten Bereich bezeichnen. Anhand der Abbildung 4 lässt sich die Dynamik der Wiederaufforstung gut nachverfolgen. Die Karte von 1973 zeigt die Situation kurz nach der Beendigung der Entlaubung. Man erkennt den hohen Grad der Zerstörung der Wälder. Bereits 1989 werden die Effekte der Wiederaufforstung sichtbar. Eine deutliche Zunahme der Biomasse der Wälder erfolgt in den Jahren 2002 bis 2010. Die jüngste Abbildung aus dem Jahre 2019 lässt erkennen, dass sich der Wald in einem Reifestadium befindet, in dem nur noch wenig Zuwachs an Biomasse stattfindet. In den Jahren 1978-1991 wurden die Wälder als Wirtschaftswald für die Holzproduktion genutzt. Das Holz von *Rhizophora*-Arten wird als Brenn- und Baumaterial verwendet, aus der Rinde lässt sich Tannin gewinnen.





Tabelle 1. Wiederaufforstungsflächen nach Arten (Mangrove Ecosystems Technical Reports 2014)

Art	Fläche (ha)
<i>Rhizophora apiculata</i>	21.000
<i>Eucalyptus spp.</i>	715
<i>Ceriops spp.</i>	638
<i>Nypa fruticans</i>	281
<i>Intsia bijuga</i>	95
<i>Thespesia populnea</i>	95
<i>Rhizophora mucronata</i>	68
<i>Avicennia alba</i>	19
<i>Xylocarpus granatum</i>	19

Im Jahr 2000 wurde C  n Gi   von der UNESCO als internationales Biosphärenreservat anerkannt und ist damit das erste Mangroven Biosphäre Reservat in Vietnam. In der Folge wurden viele internationale Forschungsprojekte in diesem Reservat initiiert, in denen u.a. die Dynamik der Wiederaufforstung des Mangrovenwaldes und die Erholung des Ökosystems untersucht wurden. Ebenso haben sich die Managementziele geändert. Im Zentrum stehen jetzt die Erhaltung der Biodiversität, nachhaltige soziokulturelle Entwicklung und nicht zuletzt die Umweltbildung (Mangrove Technical Report 2014).

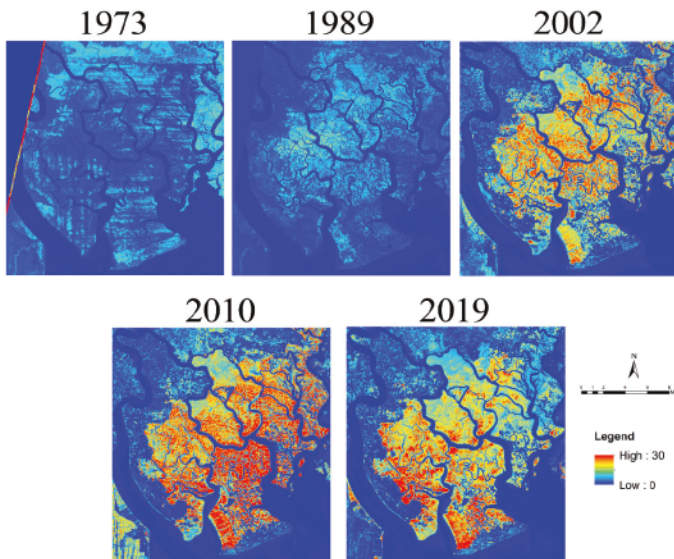


Abb. 4. Zeitlicher Verlauf des RDVI Index im C  n Gi   Reservat. Dieser Index wird von Landsat Daten abgeleitet und ist mit der Biomasse eng korreliert.



### 3. Modellansätze für die Wachstumsdynamik

#### 3.1 Das Botkin Modell

Notationen:

$D$ : Stammdurchmesser in Brusthöhe

$D_{\max}$ : maximaler Stammdurchmesser

$H$ : Wuchshöhe

$H_{\max}$ : maximale Höhe

$G$ : Wachstumsrate

$b_1$ : Höhe der Jungpflanze

Das Wachstumsmodell von Botkin (1972,1993) lässt sich auf verschiedene Mangrovenarten gut anwenden. Im Folgenden wird die Herleitung dieses Modells kurz beschrieben. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass die Zunahme des Volumens  $V$  proportional dem Blattflächenindex  $LAI$  ist. Das Wachstum von Bäumen wird üblicherweise durch die beiden Größen „Stammdurchmesser in Brusthöhe ( $D$ )“ und die Baumhöhe ( $H$ ) erfasst. Daher werden Modelle in diesen beiden Variablen formuliert.

$$\frac{dV(D,H)}{dt} = r LAI(D) F_R(D,H) \quad (1)$$

Der Retardationsfaktor  $F_R(D, H)$  bewirkt, dass das Wachstum begrenzt wird. Mit den folgenden empirischen allometrischen Beziehungen

$$V(D,H) = D^2 H \quad (2)$$

$$LAI(D) = c D^2 \quad (3)$$

und

$$H(D) = b_1 + b_2 D - b_3 D^2 \quad (4)$$

und der Retardationsfunktion

$$F_R(D) = 1 - \frac{D H(D)}{D_{\max} H_{\max}} \quad (5)$$

erhält man das Wachstumsmodell von Botkin

$$\frac{dD}{dt} = \frac{G D}{2b_1 + 3b_2 D - 4b_3 D^2} \left(1 - \frac{D H(D)}{D_{\max} H_{\max}}\right) \quad (6)$$

mit  $G = r c$  und

$$b_2 = \frac{2(b_1 - H_{\max})}{D_{\max}} \quad \text{und} \quad b_3 = \frac{H_{\max} - b_1}{D_{\max}^2} \quad (7)$$

Das Model ist vollständig beschrieben durch den Parametersatz  $b_1, G, D_{\max}$  und  $H_{\max}$ . Tabelle 2 zeigt Parametersätze für einige Mangrovenarten. Die nichtlineare Differentialgleichung (6) besitzt keine analytischen Lösungen und muss daher mit numerischen Verfahren integriert



werden. Abbildung 5 zeigt mit dem Modell erzeugte Wachstumskurven für den Stammdurchmesser in Brusthöhe für einige Mangrovenarten. Die Biomasse eines Baumes ist durch die allometrische Beziehung

$$B = aD^c \quad (8)$$

mit dem Stammdurchmesser verknüpft.

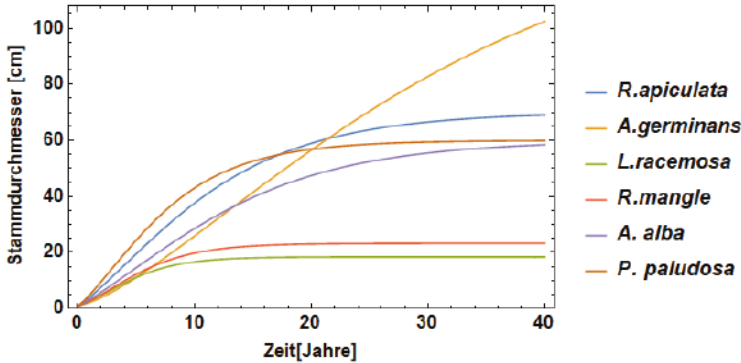


Abb. 5: Entwicklung der Baumdurchmesser in Brusthöhe von einigen Mangrovenarten unter Verwendung der Parameter aus Tabelle 2.

Tabelle 2. Parameter des Botkin Modells für einige Mangrovenarten.

$D_{max}$ [cm]	$H_{max}$ [cm]	$b_1$	$b_2$	$b_3$	G	Species	source
70	4200	100	117	0.84	485	<i>Rhizophora apiculata</i>	Nguyen H.A. 2011
140	3500	137	48	0.17	162	<i>Avicenna germinans</i>	Chen et al. 1998
80	3000	137	72	0.45	243	<i>Laguncularia racemosa</i>	Chen et al. 1998
100	4000	137	77	0.40	267	<i>Rhizophora mangle</i>	Chen et al. 1998
65	4000	100	126	0.92	390	<i>Avicenna alba</i>	Nguyen H.A. 2011
60	3200	100	103	0.86	551	<i>Phoenix paludosa</i>	Nguyen H.A. 2011



### 3.2 Einfluss von Umweltvariablen auf das Wachstum

Das Wachstum wird durch Umweltbedingungen beeinflusst. Im C  n Gi   Reservat sind die wichtigsten Variablen der Salzgehalt, Bodeneigenschaften, Schadstoffe wie Schwermetalle, Höhe über NN sowie die intra- und interspezifische Konkurrenz. Mit den auf eins normierten Responsefunktionen  $f_i(x_i)$  für die einzelnen Umweltvariablen  $x_i$  lässt sich der Wachstumsparameter formulieren durch

$$G(x_1 \dots x_n) = G_{opt} \prod_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (9)$$

wobei  $G_{opt}$  die Wachstumsrate unter optimalen Bedingungen bedeutet. In der Literatur werden die  $f_i(x_i)$  als „Growth multiplier“ bezeichnet. Im Folgenden wird diese Bezeichnung durch „Wachstumsfaktor“   bersetzt.

Als Beispiel wird die die folgende Responsefunktion betrachtet, die sich gut auf die Abhängigkeit des Wachstums vom Salzgehalt ( $x$ ) anwenden lässt.

$$f(x) = \frac{1-a}{1+\exp[d(x-thr)]} + a \quad (10)$$

Der Parameter  $d$  bestimmt die Steilheit der Kurve, der Parameter  $thr$  ist der Wert, für den die Responsefunktion den Wert  $\frac{1}{2}$  annimmt und  $a$  ist der asymptotisch erreichbare minimale Wert.

Abbildung 6 zeigt den Wachstumsparameter  $G$  als Funktion des Salzgehaltes für zwei Bestandesdichten. Die Funktion lässt sich ebenfalls auf die Dichteabhängigkeit anwenden. Für andere Variablen z. B. für die Abhängigkeit von der Höhe über NN oder vom Schwermetallgehalt sind die Zusammenhänge komplexer (Nguyen H.A. et al. 2020(2)).

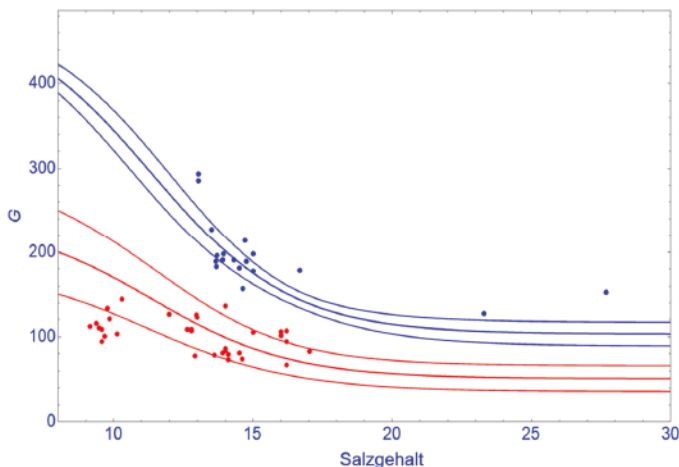


Abb. 6. Wachstumsparameter  $G$  in Abhängigkeit des Salzgehaltes [ppt] bei zwei unterschiedlichen Bestandesdichten (Nguyen A.N. et al. 2020 b). Rot: hohe Dichte, blau: geringe Dichte.





### 3.3 Ermittlung des Wachstumsparameters $G$

Für die Ermittlung der Responsefunktionen werden die  $G$ -Werte in Abhängigkeit der Umweltvariablen benötigt. Zeitlich aufgelöste Wachstumsdaten sind kaum vorhanden, aber dadurch, dass der Wald systematisch angepflanzt wurde, sind das Alter der Bäume und der Stammdurchmesser und Höhe zur Zeit der Pflanzung bekannt. Kennt man zusätzlich den Stammdurchmesser ( $dbha$ ) zum jetzigen Zeitpunkt ( $ta$ ), dann lässt sich  $G$  durch das folgende Integral darstellen:

$$G = \frac{1}{t_a} \int_{dbh0}^{dbha} \frac{dx}{g(x)} \quad (11)$$

wobei  $g(x)$  die rechte Seite von Gleichung (6) ist. Für dieses Integral existiert eine analytische Lösung (Nguyen 2011). In mehreren Messkampagnen wurden Durchmesser, Höhe, Bestandesdichten und Umweltvariablen wie Salzgehalt und Schadstoffkonzentrationen im Boden erhoben. Die in der vorhergehenden Abbildung dargestellten  $G$ -Werte wurden auf diese Weise ermittelt.

## 4. Schwermetalle in C   Gi  

Das schnelle Wachstum der Metropolregion HCM-Stadt (Saigon) und die Ansiedlung von Industrieparks am Thi Vai Fluss, der östlichen Begrenzung des Gebietes, haben im Laufe der letzten Jahrzehnte zu einer starken Umweltbelastung geführt (Costa-Bödecker et al. 2020).

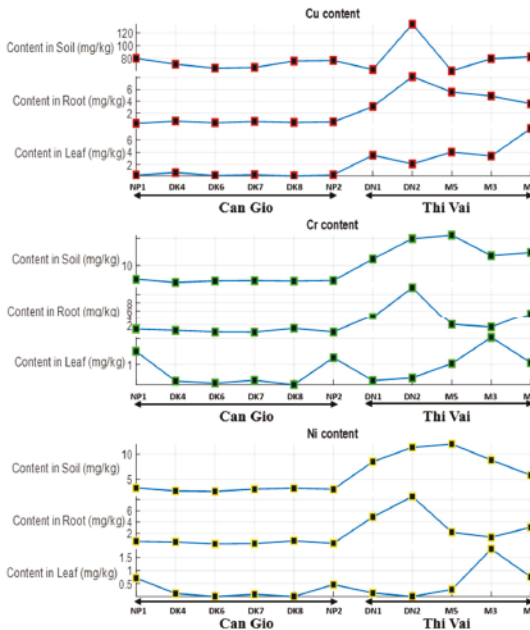


Abb. 7. Konzentrationen von Ni, Cu und Cr im Boden, in den Wurzeln und Blättern von Mangroven. Die Messwerte links stammen aus dem Zentrum des Biosphärenreservats, die Messwerte rechts stammen vom östlichen Rand, der an den Thi Vai Fluss grenzt.



Durch das in der Gerbereiindustrie üblicherweise angewendete Verfahren der Chromgerbung mit Chrom (III)-Salzen ist über Jahrzehnte durch Einleitung von Abwässern in den Thi Vai Fluss Chrom in die Umwelt gelangt. Andere Schwermetalle wie Ni und Cu gelangten durch metallverarbeitende Betriebe in die Umwelt. Der World Bank Report aus dem Jahr 2006 kommt zu dem Schluss “The Thi Vai River is the most polluted in the basin with a “dead” section of 10 km, and drainage canals in inner Ho Chi Minh City suffer similar levels of pollution”. In zwei Messkampagnen (2013 und 2018) wurde die Belastung durch Schwermetalle in Böden und in den Organen von Mangroven gemessen. Zusätzlich wurden Stammdurchmesser und Baumhöhen bestimmt, sodass es möglich war, die Wachstumsparameter  $G$  mit der Konzentration von Schwermetallen in den Organen zu korrelieren. Dabei wurden Proben zum einen entlang des Thi Vai Flusses genommen und zum anderem mitten im Biosphärenreservat. Abbildung 7 zeigt die Schwermetallkonzentrationen im Boden, in den Wurzeln und in den Blättern für Probenstandorte mitten im Reservat und am östlichen Rand, der an den Thi Vai Fluss grenzt. Schwermetalle werden von Mangroven aufgenommen und in den Wurzeln und anderen Organen festgelegt. Damit ist es möglich,

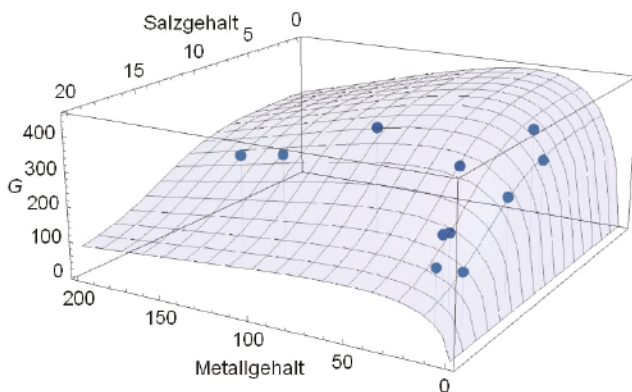


Abb. 8. Responseoberfläche des Wachstumsparameters  $G$  in Abhängigkeit vom Salzgehalt [ppt] und Schwermetallgehalt [mg/kg] (Nguyen A.N. et al. 2020 b).

Mangroven für die Phytoremediation einzusetzen. In einer experimentellen Studie mit jungen Mangroven (Richter et al. 2016, Nguyen K.L. et al. 2016) konnte gezeigt werden, dass Mangroven in der Lage sind, Chrom aufzunehmen, dass aber bei hohen Konzentrationen das Wachstum stark gehemmt wird. Aus den Daten der Felduntersuchungen konnte für *R. apiculata* ein Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentrationen in den Wurzeln und dem Wachstumsparameter  $G$  abgeleitet werden. Abbildung 8 zeigt eine Responseoberfläche von  $G$  in Abhängigkeit des Salzgehaltes und des Schwermetallgehaltes (Cr, Ni, Mo) in den Wurzeln und Abbildung 9 zeigt Wachstumskurven von *R. apiculata* unter verschiedenen Kombinationen des Salz- und Schwermetallgehaltes. Kurve a zeigt den Wachstumsverlauf des Stammdurchmessers unter nahezu optimalen Bedingungen: Der Metallgehalt ist im optimalen Bereich, der Salzgehalt ist niedrig. Kurve b zeigt den Verlauf bei hohem Schwermetallgehalt und niedrigem Salzgehalt. Kurve c zeigt die kombinierte Wirkung eines hohen Salz- und Metallgehaltes. Aus diesen Darstellungen entnimmt man, dass die Kombination beider Stressoren eine besonders starke Wachstumshemmung bewirkt. Zum anderen wird auch klar, dass Salz ein Stressfaktor



ist. Die Ausscheidung des Salzes kostet Energie. Die Pflanze verfügt über mehrere Mechanismen, um mit dem Salzstress umzugehen. Durch Wasserspeicherung können hohe Salzkonzentrationen verdünnt werden, Salz kann in Blättern angereichert werden, die danach abgeworfen werden, und über Salzdrüsen und Salzhaare ausgeschieden werden. Ähnliche Ausscheidungsmechanismen wurden auch für toxische Schwermetalle nachgewiesen (Yan et al. 2017).

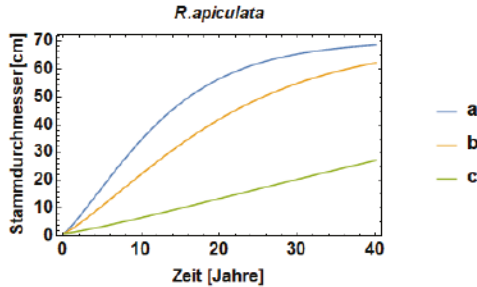


Abb. 9. Wachstumskurven von *R. apiculata* unter drei Kombinationen von Schwermetallgehalt [mg/kg] und Salzgehalt [ppt]. a: 40,5 b: 200,5 c: 200,20

## 5. Szenarien für die zukünftige Entwicklung

Der C   Gi   Mangrovenwald ist unterschiedlichen Stressoren ausgesetzt, die seine zukünftige Entwicklung bestimmen. Diese sind zum einen durch den Anstieg des Meeresspiegels, zum anderen durch wirtschaftliche Aktivitäten bedingt (Abb. 10).



Abb. 10. Mangrovenwälder unter dem Druck globalen Wandels und wirtschaftlicher Aktivitäten



Aus Szenarien für die Auswirkungen des Klimawandels auf HCM-Stadt (Saigon) und Umgebung (Nguyen K.P. et al. 2011) geht hervor, dass bis zum Jahr 2050 ein Anstieg um 30 cm wahrscheinlich ist. Die Folgen sind eine vermehrte Salzwasserintrusion, die Erhöhung der Überflutungsdauer- und Frequenz und ein Rückgang der Küstenlinie (5–12 m/Jahr). Gleichzeitig wird der Mangrovenwald durch wirtschaftliche Aktivitäten beeinträchtigt. Die rapide wirtschaftliche Entwicklung der Metropolregion führt zu wachsendem Schiffsverkehr durch die Wasserstraßen des Gebietes und als Folge zu einer verstärkten Erosionsgefährdung der Uferbereiche. Schadstoffbelastung erfolgt nicht nur durch die Industrie, sondern auch durch illegale Mülldeponien. Eine weitere Gefährdung besteht durch die Inanspruchnahme von Flächen für die Aquakultur (Garnelenzucht) und das Graben nach Muscheln, welches die Etablierung der Propagule der Mangroven behindert. Im Folgenden werden die Veränderungen der Produktivität des Mangrovenwaldes anhand von Szenarien analysiert, in denen unterschiedliche Meeresspiegelanstiege mit Umweltbelastungen durch das Schwermetall Cr kombiniert werden. In einem geografischen Informationssystem (GIS) werden die räumlichen Informationen über die Umweltvariablen – Höhe über NN, Salzgehalt, Schadstoffgehalt, Bestandsdichte, Species – bereitgestellt und mit einem Simulationsmodell der Walddynamik verknüpft. Dabei werden Responsefunktionen – wie in Abschnitt 3 und 4 dargestellt – verwendet.

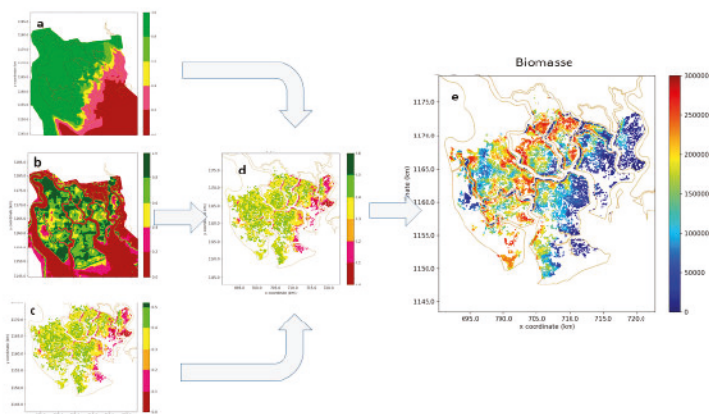


Abb. 11. Kombination der einzelnen Karten der Wachstumsfaktoren und die daraus resultierende simulierte räumliche Verteilung der Biomasse. a: Salzgehalt b: Höhe über NN c: Schwermetallgehalt d: Kombination der Responsefunktionen e: simulierte Biomasse

Abbildung 11 zeigt am Beispiel der Einflussfaktoren Salzgehalt, Höhe über NN und Schwermetallkonzentration, wie eine Karte des Wachstumsfaktors und damit eine Karte des Wachstumsparameters  $G$  erzeugt wird. Mit den  $G$ -Werten kann der Wachstumsverlauf für jede Bildeinheit berechnet werden. Durch die allometrische Beziehung zwischen Stammdurchmesser und Biomasse (Gl. 8) lässt sich dann die räumliche Verteilung der Biomasse berechnen (Abb. 13). Die kombinierten Karten der „Growth multiplier“ geben Aufschluss über die Änderung der Standortbedingungen für Mangroven unter sich wandelnden Umweltbedingungen. Solche Karten wurden für die Art *R. apiculata* für Szenarien des Meeresspiegelanstiegs, kombiniert mit Szenarien einer erhöhten Belastung durch Schwermetalle (hier Cr), erzeugt. Abbildung 12 zeigt die räumliche Entwicklung des kombinierten Wachstumsfaktors  $F = f_s f_{cr} f_{el} f_c$  mit den Einflussfaktoren Salzgehalt ( $f_s$ ), Chromgehalt ( $f_{cr}$ ), Höhe über NN ( $f_{el}$ ) und Bestandsdichte ( $f_c$ ). Dabei wurde von einem Meeresspiegelanstieg von 22 cm bis zum Jahr 2050 und von 53 cm bis zum Jahr 2100 ausgegangen. Die Änderungen des Wachstumsfaktors zeigen, dass sich die





günstigen Zonen für *R. apiculata* verschieben. In den flachen Bereichen, in denen sich die Salzintrusion und die Häufigkeit und die Höhe der Überflutungen besonders stark auswirken, verringert sich der Wachstumsfaktor (in Abb. 12 rot eingefärbt). Die höher gelegenen Bereiche, die in der heutigen Situation ungünstige Standorte sind, werden durch den Meeresspiegelanstieg begünstigt (dunkelgrüne Einfärbung in Abb.12). Nicht dargestellt ist der Verlust durch eine Verlagerung der K  stelinie.

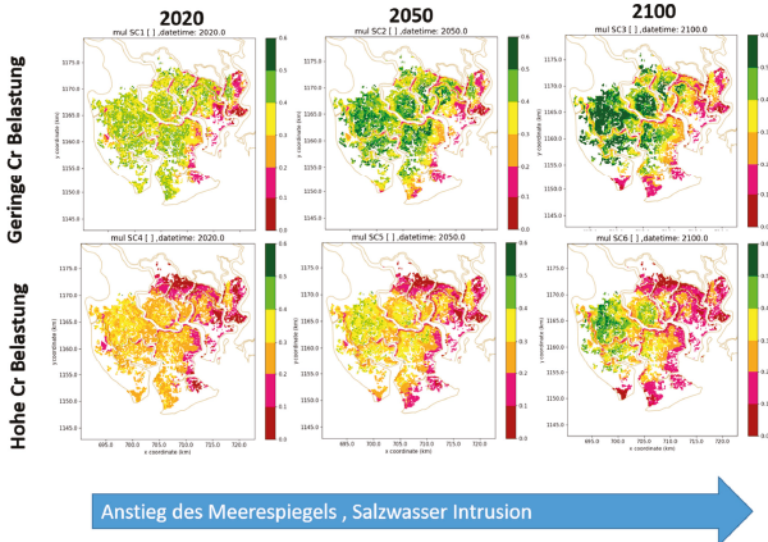


Abb. 12. Räumliche Entwicklung des Wachstumsfaktors für *R. apiculata* für Meeresspiegelanstiege von 22 cm bis 2050 und 53 cm bis 2100 unter geringer (obere Reihe) und hoher (untere Reihe) Belastung durch Einträge von Cr. Der Wachstumsfaktor ist auf 1 normiert.

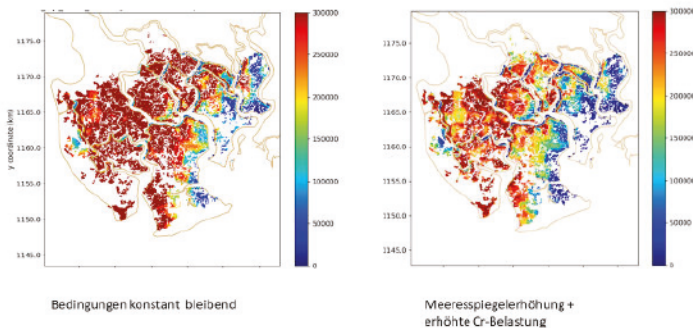


Abb. 13. Simulierte Stammholzerträge(kg/ha) für einen 50 Jahre alten Bestand unter konstanten heutigen Umweltbedingungen (links) und unter der Projektion eines Meeresspiegelanstiegs und einer erhöhten Schwermetallbelastung.



Deutlich sichtbar wird auch der negative Einfluss des Chromgehaltes auf den Wachstumsfaktor. Besonders in den Flächen in der Nähe der Industriezonen (östlicher Rand des Reservates, an den erheblich belasteten Thi Vai Fluss angrenzend) sind die Wachstumsfaktoren sehr niedrig. Hier wirkt sich auch die negative Interaktion von erhöhtem Salzgehalt und Cr-Belastung aus (s. auch Abb.9). Mithilfe des regionalisierten Wachstumsfaktors lässt sich die Entwicklung der Stammholzerträge modellieren. Abbildung 13 zeigt hypothetische Karten der Stammholzerträge für zwei 50 Jahre alte Bestände, die sich unter unterschiedlichen Umweltbedingungen entwickelt haben.

## 6. Schlussbemerkungen

Wie eingangs bereits erwähnt, liefern Mangrovenwälder vielfältige Ökosystemdienstleistungen. Diese umfassen die Bereitstellung von Nahrung (Fischfang) und Bau- und Brennmaterial, Erhaltung der Biodiversität, Küstenschutz, Speicherung von CO<sub>2</sub>, aber auch kulturelle Dienstleistungen im Bereich der Naherholung, des Tourismus und der Umweltbildung. In der Arbeit von Kuenzer und Tuan (2013) wurden die monetären Werte einiger Dienstleistungen für den Cần Giỏi Distrikt geschätzt. So wurden für den Fischfang 15, für den Holzertrag 13, für den Küstenschutz 150 und für die Einnahmen durch den Tourismus 176 USD pro Jahr angegeben. Die Werte für die Karbonsequestrierung sind unsicher und liegen im Bereich von 6,3 -69 USD für die nächsten 10 Jahre. Andere Dienstleistungen wie die Erhaltung der Biodiversität oder kulturelle und ästhetische Werte lassen sich nicht quantifizieren. Deren Bewertung spiegelt unser Wertesystem wider. Mangrovenwälder sind also besonders wertvolle Ökosysteme. Fest steht, dass sie wegen ihrer exponierten Lage weltweit vom Meeresspiegelanstieg bedroht sind. Während der Eintrag von Schadstoffen kurzfristig reguliert werden kann, lässt sich die Dynamik der Ozeane, wenn überhaupt, dann nur langfristig beeinflussen. Um die Metropolregion HCM-Stadt (Saigon) vor Überflutungen zu schützen, haben die Planungsbehörden den Bau eines Seedeiches in der Cần Giỏi Bucht vorgeschlagen. In der Studie von Vu Thi Hoai Thu et al. (2020) wurde der Einfluss eines solchen Bauwerkes auf den Salzgehalt der Bucht und auf die Mangroven untersucht. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass ein Deich langfristig die Salzwasserintrusion in die Bucht verringert. Unter Frisch- und Brackwasserbedingungen verlieren Mangroven jedoch ihren Vorteil gegenüber nicht salztoleranten Arten. Hier wird deutlich, dass technische Eingriffe in Ökosysteme immer mit – oft nicht vorhersagbaren – Nebenwirkungen verbunden sind. Bleibt zu hoffen, dass wir uns noch lange an der Schönheit der Mangrovenwälder erfreuen können.

## Danksagungen

Die Forschungsarbeiten wurden gefördert durch die “Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED)” und durch das BMFL.

## Literatur

- Botkin, D. B.; James F. Janak; James R. Wallis (1972). Some Ecological Consequences of a Computer Model of Forest Growth, *Journal of Ecology* Vol. 60, No. 3, pp. 849-872
- Botkin, D.B. (1993). *Forest dynamics: an ecological model*. Oxford University Press
- Buchy M. (1993). Histoire forestière de l'Indochine (1850-1954). Perspectives de recherche. In: *Revue française d'histoire d'outre-mer*, tome 80, n°299, 2e trimestre 1993. pp. 219-249;



Chen, R.; Twilley R.H. (1998). A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. *Journal of Ecology* 86,37-51

Cleary M. (2005). *Managing the Forest in Colonial Indochina*. *Modern Asian Studies* 39, 2 pp. 257-283, Cambridge University Press doi: 10.1017/S0026749X04001623

Costa-B  ddeker, S.; L   Xu  nThuy  n; Philipp Hoelzmann ; Henko C.de Stigter; Piet van Gaever; Ho  ng Đ  c Huy; John P.Smol; Antje Schwalb (2020). Heavy metal pollution in a reforested mangrove ecosystem (C  n Gi   Biosphere Reserve, Southern Vietnam): Effects of natural and anthropogenic stressors over a thirty-year history. *The Science of the Total Environment* 716:137035. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137035.

Joffre O. (2010) in „Management of Natural Resources in the Coastal Zone of Soc Trang Province“ Deutsche Gesellschaft f  r Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Mangrove Technical Report volume 6 (2014). *Studies in C  n Gi   mangrove biosphere reserve, Ho Chi Minh city, Viet Nam*

Fujimoto, K.; Umitsu, M.; Nguyen, V. L.; Ta, T. K. O; Kawase, K.; Huynh, D. H (2011). “Geomorphological evolution and mangrove habitat dynamics related to Holocene sea-level changes in the Northern Mekong River Delta and the Dong Nai River Delta, Southern Vietnam,” in *River deltas: Types, Structures and Ecology*, ed. P. E. Schmidt (Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc.), 125–141.

Kuenzer C.; VoQuoc Tuan. Assessing the ecosystem services value of C  n Gi   Mangrove Biosphere Reserve: Combining earth-observation- and household-survey-based analyses. *Applied Geography* 45(2013) 167-184

Meon G.; Malte Lorenz; Andreas Koch; Stephanie Zeunert; Thi Thu Huyen Le;Matthias P  tsch; Hong Quan Nguyen (2017). Entwicklung einer Basisversion eines Management-systems für die regionale Wasserwirtschaft einer K  stenzone in Vietnam. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 61 (6), 438-449

Ngo, L.-M.; Kieu, L.T.; Hoang, H.-Y.; Nguyen, H.-B. Experiences of Housing Adapted to Sea Level Rise and Applicability for Houses in the C  n Gi   District, Ho Chi Minh City, Vietnam. *Sustainability* 2020, 12, 3743

Nguyen K.L.; Nguyen H. A.; Richter O.; Pham M. T.; Van Phuoc Nguyen; (2017) Ecophysiological responses of young mangrove species *Rhizophora apiculata* (Blume) to different chromium contaminated environments, *Science of The Total Environment* Volume 574, Pages 369-380

Nguyen, K.P.; Le, V.T. Calculating Model of Impact Factors of Climate Change Used in Land Used, Transportation, Water Resources and Infrastructure Planning for Ho Chi Minh City; Ho Chi Minh City Department of Planning and Architecture: Ho Chi Minh City, Vietnam, 2011.

Nguyen H.A.; Le, B.V.Q.; Richter, O. (2020 a). The Role of Mangroves in the Retention of Heavy Metal (Chromium): A Simulation Study in the Thi Vai River Catchment, Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2020), 17, 5823



Nguyen H.A.; Richter O.; Bao V.Q. Le; Nguyen T.K.P.; Kim C. D.; (2020 b). Long-Term Heavy Metal Retention by Mangroves and Effect on Its Growth: A Field Inventory and Scenario Simulation, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 9131

Nguyen, H.A. (2011). A model for predicting mangrove forest dynamics under variable environmental conditions, Dissertation, Technische Universität Braunschweig

Powell N.; Maria Osbeck M.; Sinh Bach Tan; Vu Canh Toan (2011). "World Resources Report Case Study. Mangrove Restoration and Rehabilitation for Climate Change Adaptation" in Vietnam World Resources Report, Washington DC. 2011

Richter, O.; Nguyen, H.A.; Nguyen, K.L.; Nguyen, V.P.; Biester, H.; Schmidt, P. (2016) Phytoremediation by mangrove trees: Experimental studies and model development. *Chemical Engineering Journal* 294, 389–399, doi:10.1016/j.cej.2016.03.017.

Ross, P. (1975). The mangrove of southern Vietnam: the impact of military use of herbicides. In: *Proceedings of International Symposium on Biological and Management of Mangroves*, Honolulu, Hawaii, 2, 695–707.

Rougean, J.; Breon, F. M. (1995). Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote Sens. Environ.*, 51, 375– 384.

Vien Ngoc Nam; Le Van Sinh; Toyohiko Miyagi; Shigeyuki Baba & Hung Tuck Chan An (2014). Overview of Cần Giờ District and Mangrove Biosphere Reserve IN STUDIES IN CẦN GIỜ MANGROVE BIOSPHERE RESERVE, HO CHI MINH CITY, VIET NAM ISME Mangrove Ecosystems Technical Reports No. 6, 2014 Tohoku Gakuin University, Cần Giờ Mangrove Protection Forest Management Board and International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Pp 1-8

Vu Thi Hoai Thu ; Toshinori Tabata ; Kazuaki Hiramatsu ; Trieu Anh Ngoc ; Masayoshi Harada (2020). Assessing Impacts of Sea Level Rise and Sea Dike Construction on Salinity Regime in Cần Giờ Bay, South Vietnam, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 146, 6

Yan, Z.; Sun, X; Xu, Y et al.; (2017). Accumulation and Tolerance of Mangroves to Heavy Metals: a Review. *Curr Pollution Rep* 3, 302–<https://doi.org/10.1007/s40726-017-0066-4>





## Kinderwunschrezepte

### Mittelalterliche und moderne Reproduktionsmedizin im Vergleich

REGINA TOEPFER

Lehrstuhl für deutsche Philologie, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

„Von der Eizelle bis zum Kind bieten wir [...] komplett ‚alles aus einer Hand‘!“, so lautet das Versprechen, mit dem eine Stuttgarter Kinderwunschklinik für ihr Angebot wirbt.<sup>1</sup> Menschen, die sich ein Kind wünschen, aber keins bekommen, können sich heute auf vielfältige Weise medizinisch behandeln lassen. In allen größeren Städten finden sich Kinderwunschzentren, die eine breite Palette an Therapiemöglichkeiten – von Hormonbehandlung und Insemination über Social Freezing bis hin zu In-vitro-Fertilisation (IVF), ggf. mit intrazytoplasmatischer Spermatozoeninjektion (ICSI) – anbieten. Die Errungenschaften der modernen Reproduktionstechnologie haben zu einer spezifischen Wahrnehmung von Kinderlosigkeit geführt: Dass Paare entgegen ihrem Wunsch keinen Nachwuchs bekommen, wird primär als medizinisches Phänomen aufgefasst. Werden Frauen im gebärfähigen Alter bei regelmäßigem Geschlechtsverkehr ohne Verhütung nicht schwanger, werden sie zum Arzt geschickt.<sup>2</sup>

Diese medizinische Sicht prägt auch die politische Auffassung von Kinderlosigkeit, wie das Plakat einer geplanten Fruchtbarkeitskampagne belegt (vgl. Abb. 1).



Abb. 1. Entwurf für eine italienische Fertilitätskampagne, 2016. Bildzitat aus: <https://espresso.repubblica.it/attualita/2016/09/01/news/fertility-day-un-padre-scrive-alla-lorenzin-presi-a-sberle-dalla-vostra-mio-pia-1.281746#gallery-slider=undefined> (Zugriff: 25.11.2020).

Die italienische Gesundheitsministerin Beatrice Lorenzin rief 2016 einen ‚Fertility Day‘ aus, um auf die geringe Fertilitätsrate in ihrem Land zu reagieren. Frauen und Männer sollten für

1 Vgl. <http://www.kinderwunsch-waiblingen.de/kinderwunschzentrum-stuttgart/index.php> (Zugriff: 06.11.2020).

2 Zur Dominanz der medizinischen Perspektive vgl. Regina Toepfer: Kinderlosigkeit. Ersehnte, verweigerte und bereute Elternschaft im Mittelalter. Stuttgart 2020, S. 400; Tracey Loughran; Gayle Davis: Introduction. Defining the ‚Problem‘. Perspectives on Infertility. In: Gayle Davis; Tracey Loughran (Hg.): The Palgrave Handbook of Infertility in History. Approaches, Contexts and Perspectives. London 2017, S. 29–35.



die gesellschaftliche Problematik der Kinderlosigkeit sensibilisiert und junge Leute früh zur Elternschaft animiert werden.<sup>3</sup> Auf dem Bild zu sehen ist der Oberkörper einer von der Hüfte bis zum Hemdkragen weiß gekleideten Gestalt. Das über die Schultern geschwungene Stethoskop sichert den Bezug zur Medizin und kennzeichnet die Figur als Arzt oder Ärztin. Das auffälligste Bildmotiv aber sind die Hände, die sich dank Fototechnik scharf von dem weichgezeichneten Hintergrund abheben und gestisch eine kleine, ovale Figur andeuten. Zwischen den einander zugewandten Handflächen ist gerade so viel Platz gelassen, dass Betrachtende ein im Mutterleib heranwachsendes Kind imaginieren können. Gefüllt wird die markierte Leerstelle durch Schriftzeichen, die einen klaren Appell beinhalten: „La prevenzione garantisce il tuo futuro. In tutti i sensi“. Warnend sticht der Begriff ‚Vorsorge‘ durch die abweichende Farbgebung hervor. Kinderlosigkeit und Elternschaft werden so als eine Frage der Gesundheitsvorsorge dargestellt. An diesem Beispiel zeigt sich eine auffällige Engführung von Fruchtbarkeit bzw. Unfruchtbarkeit und Medizin. Ungewollt Kinderlose gelten in Politik, Wissenschaft und Gesellschaft als krank und therapiebedürftig.

Als Mediävistin interessiert mich, wie ungewollte Kinderlosigkeit im Mittelalter bewertet wurde. Wie gingen Menschen früherer Epochen mit Unfruchtbarkeit um und auf welche Weise suchten sie, ihren Kinderwunsch zu erfüllen? Dass ich im Titel von mittelalterlicher wie von moderner Reproduktionsmedizin spreche, mag überraschen, scheint die historische Heilkunde doch kaum noch etwas mit der heutigen hochtechnologisierten Fortpflanzungsmedizin gemein zu haben, doch geht es mir um strukturelle Analogien.<sup>4</sup> Daher bezeichne ich meinen Ansatz als den einer historisierenden Komparatistik: Mittelalterliche und moderne Phänomene werden miteinander verglichen, um Differenzen und Gemeinsamkeiten zu erarbeiten.<sup>5</sup> Ein solches Verfahren erscheint mir für die Vergangenheit wie für die Gegenwart höchst aufschlussreich zu sein: Einerseits haben unsere heutigen Auffassungen und Erzählungen von Kinderlosigkeit oft mehr mit dem Mittelalter zu tun, als wir meinen. Immer wieder lassen sich überraschende Parallelen oder Kontinuitäten entdecken, selbst wenn diese manchmal nur untergründig weiterwirken und uns unbemerkt beeinflussen. Andererseits zeigen auffällige Unterschiede zwischen heutigen und historischen Ansichten, wie sehr sich Wissensbestände und Wahrnehmungsperspektiven verändern können. Dies sollte uns davon abhalten, unsere eigenen Positionen absolut zu setzen; auch unsere aktuellen Erkenntnisse und dominierenden Deutungen stellen nur eine Phase in der Kulturgeschichte der Kinderlosigkeit dar, die sich weiterentwickeln und einmal selbst der Vergangenheit angehören werden.

## 1. Reproduktionswissen: Männlicher und weiblicher Samen

Im Mittelalter wie in der Gegenwart entscheidet das Reproduktionswissen darüber, wo eine medizinische Kinderwunschbehandlung ansetzt.<sup>6</sup> Deshalb gehören Zeugungs- und Empfängnislehren zu einer kulturwissenschaftlichen Untersuchung von Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit dazu. Die Frage, wie ein Kind entsteht, beschäftigte Mediziner und Naturphilosophen

3 Zu der Kampagne vgl. Toepfer: Kinderlosigkeit, S. 389.

4 Zur Kinderlosigkeit aus medizingeschichtlicher Perspektive vgl. auch Jennifer Evans: *Aphrodisiacs, Fertility and Medicine in Early Modern England*. Woodbridge 2014 (*Studies in History*); Monica H. Green: *Making Women's Medicine Masculine. The Rise of Male Authority in Pre-Modern Gynaecology*. Oxford 2008; Daphna Oren-Magidor; Catherine Rider: *Introduction: Infertility in Medieval and Early Modern Medicine*. In: *Social History of Medicine* 29 (2016), S. 211–223.

5 Vgl. Toepfer: Kinderlosigkeit, S. 3.

6 Vgl. ebd., S. 54–58. Vgl. Annette Josephs: *Der Kampf gegen die Unfruchtbarkeit. Zeugungstheorien und therapeutische Maßnahmen von den Anfängen bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts*. Stuttgart 1998 (Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie 74); Erna Lesky: *Die Zeugungs- und Vererbungslehren der Antike und ihr Nachwirken*. Wiesbaden 1950 (*Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandlungen der geistes- und sozialwissenschaftlichen Klasse* 19).



schon in der griechischen Antike. Seitdem konkurrierten zwei Theorien miteinander, die sich vor allem darin unterschieden, welche Bedeutung Frauen bei der Reproduktion zugestanden wurde. Hippokrates entwickelte eine Zwei-Samen-Theorie, wie sie nach ihm auch Galen lehrte. Nur wenn sich der männliche und der weibliche Samen miteinander vermischten, könne neues Leben entstehen. Aristoteles hingegen vertrat die Auffassung, dass allein der Mann – aufgrund seiner wärmeren körperlichen Konstitution – zeugungsfähigen Samen produziere. Die Frau liefere mit ihrem Menstrualblut lediglich das Material, aus dem der männliche Samen als Impuls- wie als Formgeber ein Kind erschaffe.

Die naturkundlichen Gelehrten des Mittelalters griffen auf diese Theorien zurück. So schlossen sich Hildegard von Bingen und Arnold de Villanova der Ein-Samen-Theorie des Aristoteles an, andere Autoren wie Albertus Magnus vertraten die Auffassung, dass die Fortpflanzungsorgane von Mann und Frau analog aufgebaut seien und nur darin voneinander abwichen, dass die Geschlechtsteile einmal nach außen und einmal nach innen gewendet wären. In medizinischen Kompendien und Abhandlungen zur Frauenheilkunde wurden die verschiedenen Zeugungstheorien auch miteinander kombiniert, so dass sich die Autoren und Redaktoren nicht für eine Position entscheiden mussten. Eine weitere Besonderheit des mittelalterlichen Wissens ist seine religiöse Überformung und die Verknüpfung der antiken Empfängnislehren mit biblischem Erzählgut. Hildegard von Bingen erklärte etwa schöpfungstheologisch, warum sich nur männliches Blut in Samen verwandeln könne: Der Körper des Mannes sei kräftiger und allein zur Samenbildung fähig, weil er aus Erde geformt worden sei. Die Frau hingegen sei schwächer und fungiere als Gefäß für den männlichen Samen, da Gott sie – wie im zweiten Schöpfungsbericht (Gen 2) zu lesen – aus dem Fleisch des Mannes geschaffen habe.

Vergleicht man das vormoderne und das moderne Reproduktionswissen, mag man manche Deutungen belächeln, so grundlegend scheinen sich unsere heutigen Kenntnisse von denen mittelalterlicher Gelehrter zu unterscheiden. Doch sollte man nicht übersehen, dass die aristotelischen Auffassungen bis ins 19. Jahrhundert rezipiert worden sind und die Kultur-, Geschlechter- und Medizingeschichte stark beeinflusst haben. Die weibliche Eizelle wurde erst im Jahr 1827 entdeckt und ihre Verschmelzung mit der männlichen Samenzelle knapp fünfzig Jahre später, 1875, belegt. So gut erforscht, dass der Eisprung richtig terminiert und die fruchtbaren Tage genau bestimmt werden konnten, war der weibliche Zyklus um 1930. Noch immer zeichnen sich in den hochmodernen Verfahren der Reproduktionsmedizin scheinbar archaische Vorstellungen früherer Jahrhunderte ab, argumentiert der Lüneburger Kulturwissenschaftler Andreas Bernard.<sup>7</sup> In seiner erhellenden Studie über neue Reproduktionstechnologien und die Ordnung der Familie prognostiziert er, dass spätere Generationen auch einmal auf unser heutiges Reproduktionswissen herabschauen werden.

## 2. Erklärungen: Sieben Reproduktionshindernisse

Nach aktuellen medizinischen Erkenntnissen sind die Gründe für ungewollte Kinderlosigkeit ungefähr gleich zwischen den Geschlechtern verteilt: Bei 30 bis 40 Prozent liegt die Ursache bei der Frau, genauso hoch ist der Anteil bei Männern, in 20 Prozent der Fälle sind beide Partner von einer Störung betroffen. Der häufigste Grund für Unfruchtbarkeit ist eine Infektion mit Chlamydien, die bei Frauen einen Eileiterverschluss und bei Männern Entzündungen der Nebenhoden und der Prostata hervorrufen können. Aber auch hormonelle Störungen, organische

<sup>7</sup> Vgl. Andreas Bernard: *Kinder machen. Neue Reproduktionstechnologien und die Ordnung der Familie*. Samen-spende, Leihmütter, Künstliche Befruchtung. Frankfurt a.M. 2014, S. 25, 91, 194.



Defekte oder eine eingeschränkte Qualität der Spermien können eine Schwangerschaft verhindern.<sup>8</sup> Im Vergleich zu diesen Erklärungen scheint die mittelalterliche Reproduktionsmedizin ganzheitlicher ausgerichtet. Als Ursachen für Unfruchtbarkeit werden nicht nur körperlich-biologische Störungen in Betracht gezogen, sondern auch psychische und diätetische Faktoren, die eine ungesunde Lebensführung betreffen.

Exemplarisch zeigen lässt sich dies an der medizinischen Sammelhandschrift Cgm 728, die aus dem letzten Viertel des 15. Jahrhunderts stammt, in südbairischem Dialekt aufgeschrieben wurde und heute in der bayerischen Staatsbibliothek München aufbewahrt wird.<sup>9</sup> Zu ihren Vorbesitzern gehört u.a. ein Michael Gscheyd, der in der Mitte des 16. Jahrhunderts als Bader in Rietz, vermutlich im Inntal Westtirols, tätig war. Die Handschrift enthält neben diversen gesundheitsbezogenen Schriften – etwa zum Aderlass und zur Pest, Auszügen aus dem Arzneibuch des Ortolf von Baierland und dem ‚Gart der Gesundheit‘ – auch einen Traktat über Empfängnis und Geburt, in dem zu Anfang gleich sieben verschiedene Reproduktionshindernisse angeführt werden. Ihre Anzahl ist kaum ein Zufall, erinnert dies doch an die sieben Schöpfungstage, die sieben Sakramente oder die sieben Todsünden. Auch hier zeigt sich – wie schon bei Hildegards Zeugungslehre –, dass medizinisch-körperliche Zusammenhänge im Mittelalter mit geistlich-theologischer Bedeutung aufgeladen werden.

*Das erste jst zu vill kranchait der man vnd der weyb ||  
 Das ander ist jügennt oder kinthait dar in plüett vnd natür noch nit zeyttig jst vnd auch nit perhaft  
 Das dritt jst zw vill essenn vnd trinkenn dar von wirt die natür überladenn oder peswertt  
 Das vritte jst zornn vnd traürikaait dar von zerstrewt sich die fruchparikaait der natür auch des plüettes [...].  
 Das fünft jst pösse speyß vnd tranck dar von wirt die natür getrückt vnd das plüett peswertt alle zeytt  
 Das sext jst zw vill vnkawschait dar von wirt die natür ee vnd das plüett vnperhaft des menschen antütz plaich das hirnn swindlen vnd die gedechtnis krannch der magen vnerdewig ||  
 Das sibennnte ist verbarlossung oder vnordnung in kindellpetten vnd in andernn kranchait der weiber dar von die matrix erkaltennt vnd verdirbt ||<sup>10</sup>*

Die Auflistung der Fruchtbarkeitsstörungen beginnt mit allgemeinen Erkrankungen, einer zu großen körperlichen Schwäche sowohl von Männern als auch von Frauen, und der Altersproblematik. Anders als in heutigen reproduktionsmedizinischen Abhandlungen wird freilich nicht die mit den Jahren abnehmende Fruchtbarkeit thematisiert, sondern darauf hingewiesen, dass sich die Geschlechtsreife erst ausbilden muss. En passant erhalten wir auf diese Weise einen Einblick in die mittelalterliche Lebens- und Alltagspraxis: Wurden Kinder zu früh verheiratet, so durfte man sich auch nicht wundern, dass sie noch keinen Nachwuchs bekommen konnten. Der dritte und der fünfte Punkt beziehen sich auf die Ernährung, durch die die Fruchtbarkeit nach Auffassung des Autors ebenfalls beeinträchtigt sein kann; sowohl zu viel als auch schlechtes Essen wirke sich negativ aus, weil das Blut beschwert werde und die Körpersäfte nicht richtig zirkulieren könnten. Zudem geraten – mit dem vierten Punkt – auch emotionale Aspekte in

8 Vgl. den Artikel ‚Medizinische Ursachen‘ im Informationsportal des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend: <https://www.informationsportal-kinderwunsch.de/kiwu/medizinische-ursachen/147132> (Zugriff: 04.11.2020).

9 Vgl. Britta-Juliane Kruse: *Verborgene Heilkünste. Geschichte der Frauenmedizin im Spätmittelalter*. Berlin; New York 1996 (Quellen und Forschungen zur Literatur- und Kulturgeschichte N.F. 5), S. 314–336, hier S. 314.

10 München BSB: Cgm 728, Bl. 144r, zitiert nach Kruse: *Verborgene Heilkünste*, S. 323.





den Blick. Wer sich zu sehr von seinen Affekten bestimmen lasse, sei es Zorn oder Traurigkeit, könne kein Kind bekommen.

Die beiden verbleibenden Gründe zielen auf das Sexualverhalten von Kinderlosen ab. Durch zu viel bzw. zu häufigen Geschlechtsverkehr gerate das innere Gleichgewicht durcheinander und werde der gesamte Körper in Mitleidenschaft gezogen; das Blut sei nicht mehr zeugungsfähig, das Antlitz werde bleich, Schwindel trete auf, die Denkfähigkeit nehme ab und der Magen könne nicht mehr verdauen. Nicht thematisiert wird in diesem Traktat, wovor andere medizinische Ratgeber der Zeit eindringlich warnen: Auch fehlender Geschlechtsverkehr kann ernste Folgen haben; bildet sich ein Samenrückstau und werden schädliche Körpersäfte nicht rechtzeitig entladen, führt dies schlimmstenfalls sogar zum Tod.<sup>11</sup> Der siebte und letzte Punkt des Traktats ist der einzige, der sich ausschließlich auf Frauen bezieht. Neben Gebärmuttererkrankungen wird das große Gesundheitsrisiko thematisiert, das mit Fruchtbarkeit in der Vormoderne einherging: Unfruchtbar werden konnten Frauen auch durch Infektionen und Verletzungen, die sie im Kontext einer Geburt erlitten. Um die Gebärfähigkeit zu erhalten, wurden Frauen im Kindbett sorgsam gepflegt; sexuelle Forderungen von Männern galten in dieser Zeit als Tabu. Zumindest implizit klingt in dieser Erklärung an, dass weibliche Fruchtbarkeit im Mittelalter auch eine sehr dunkle und Unfruchtbarkeit eine helle Kehrseite hatte: Frauen, die nicht schwanger wurden und kein Kind bekamen, mussten auch nicht fürchten, bei der Geburt oder im Wochenbett zu sterben.

### 3. Diagnostik: Unfruchtbarkeit als Krankheit

Über die Frage, ob Unfruchtbarkeit eine Krankheit ist, lässt sich streiten. Einerseits leben kinderlose Männer und kinderlose Frauen meist ohne körperliche Beschwerden; vielfach werden Fruchtbarkeitsstörungen überhaupt erst bei einer ärztlichen Untersuchung entdeckt. Andererseits werden sie durch die Diagnose von Gynäkologen und Urologen, spätestens aber durch reproduktionsmedizinische Maßnahmen zu Patientinnen und Patienten gemacht.<sup>12</sup>

Schon in der Vormoderne suchten Menschen nach einer medizinischen Lösung für ihre Unfruchtbarkeitsprobleme. Sie wendeten sich an Ärzte und Apotheker, Bader und heilkundige Frauen, um ihren Kinderwunsch zu verwirklichen. Voraussetzung für eine Therapie war, dass die Ursache für Unfruchtbarkeit zunächst identifiziert werden musste. Männliche Genitalien ließen sich aufgrund ihrer äußeren Sichtbarkeit leichter untersuchen als weibliche Geschlechtsorgane. Eine konkrete organische Ursache ausfindig zu machen, erwies sich bei Frauen dagegen als schwierig bis unmöglich. Eine Entzündung oder Verlagerung der Gebärmutter oder ein Verschluss des Muttermundes ließ sich nur mit instrumenteller Hilfe feststellen, was mit dem Risiko von Verletzungen verbunden war. Vermutlich finden sich daher – zumindest in frauenheilkundlichen Texten der deutschen Sprache – keinerlei Anleitungen für Eingriffe in den weiblichen Unterleib. Stattdessen wurden ausgeschiedene Körperflüssigkeiten – Blut und Urin – für eine Diagnose genutzt.

Der Verfasser des Traktats ‚Von der Natur der Frauen und ihren Krankheiten‘ erklärt: *je ræer der vsflusz ist je gesünder die frôw ist*.<sup>13</sup> Die Monatsblutung wurde in der mittelalterlichen Frau-

11 Vgl. Toepfer: Kinderlosigkeit, S. 58–62. Vgl. auch Günter Elsässer: Ausfall des Coitus als Krankheitsursache in der Medizin des Mittelalters. Berlin 1934 (Abhandlungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 3).

12 Vgl. den Artikel ‚Medizinische Ursachen‘ im Informationsportal des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend: <https://www.informationsportal-kinderwunsch.de/kiwu/medizinische-ursachen/147132> (Zugriff: 04.11.2020).

13 Berlin SBB: Ms. germ. fol. 1069, Bl. 198vb, zitiert nach Kruse: Verborgene Heilkünste, S. 275.



enheilkunde ambivalent gewertet, weil sie einerseits schädliche Körpergifte enthalte und andererseits den Embryo während der Schwangerschaft nähre. Eine weder zu starke noch zu schwache Monatsblutung und eine kräftige rote Farbe galten als Indizien für die Gesundheit einer Frau. Geschlechtsunabhängig konnten dagegen Harnproben ausgewertet werden. Sowohl von Männern als auch von Frauen wurde der Urin daraufhin untersucht, welche Reaktion er bei Körnern oder Pflanzen hervorrief. Verdorrte das dem Urin beigegebene Getreide oder verwelkte das zugesetzte Grünzeug, wurde daraus auf ein verkümmertes Reproduktionsvermögen des Sponsors oder der Sponsoring geschlossen. Diese Methode war auch von Laien leicht durchzuführen, wurde aber von manchen Gelehrten scharf kritisiert. Albertus Magnus etwa hielt Fertilitätsproben für absurd.<sup>14</sup>

Diese Skepsis scheint der Urheber des kolorierten Holzschnitts aus dem Druck ‚Eyn nyge kalender recht hollende‘ (1519) zu teilen (vgl. Abb. 2). Auch wenn aus der Illustration nicht hervorgeht, dass die Harnuntersuchung Teil einer Kinderwunschbehandlung war, ist die bildliche Darstellung für die Beurteilung dieser Diagnosemethode erhellend. Hilfesuchend wendet sich eine verschleierte Frau an einen gelehrten Mann. In ihrer linken Hand hält sie einen langen Korb, in der sie das gläserne Gefäß diskret transportieren kann. Ihre rechte Hand lugt in der Höhe des Unterleibs aus dem Gewand hervor, der Finger weist leicht gekrümmt nach unten und zeigt ins Leere. Durch Schleier und Umhang ist die stattliche Figur bis auf das Gesicht verhüllt, ihre Augen hängen in gespannter Erwartung am Gegenüber. Prüfend hält der Mann, der durch Kopfbedeckung und Kleidung als Gelehrter gekennzeichnet ist, die halb gefüllte Phiole mit dem gelben Saft in die Sonne. Seine linke Hand umfasst ein Schriftstück, das seine Expertise beweisen oder einen medizinischen Befund enthalten könnte. Dass eine Harnschau völlig ungeeignet ist, um eine richtige Diagnose zu stellen und der Frau zu helfen, macht die dritte Figur deutlich. Direkt im Rücken des Gelehrten gestikuliert ein Narr mit Kappe und Schellenstab, der sich über das Geschehen lustig zu machen scheint. Durch seinen Auftritt wird die Urinprobe eindeutig als Narretei markiert.



Abb. 2. Harnbeschauer der Arzt. Holzschnitt aus ‚Eyn nyge kalender recht hollende‘. Lübeck: Stephan Arndes, 1519. Bildnachweis: Quagga Media UG / akg-images.

<sup>14</sup> Vgl. Albertus Magnus: *De animalibus libri XXVI*. Nach der Kölner Urschrift hg. v. Hermann Stadler. 2 Bde. Münster 1916–1920 (Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters 15f.), X, 2,1,47 (S. 749). Vgl. auch Toepfer: *Kinderlosigkeit*, S. 64f.



#### 4. Therapeutik: Diätetische und pharmazeutische Maßnahmen

In den Traktaten zur mittelalterlichen Frauenheilkunde und in medizinischen Sammelhandschriften werden verschiedene Maßnahmen angeführt, durch die Wunscheitern zum Kind gelangen sollten. Da Unfruchtbarkeit nach medizinhistorischer Auffassung nicht nur mit organischen Verletzungen, sondern auch und vor allem mit einem Ungleichgewicht der inneren Körpersäfte zusammenhängen konnte, setzten die Behandlungspraktiken häufig dort an.<sup>15</sup> Frauen mit einer zu heißen Körperkonstitution sollte durch kühlende Substanzen zu einer moderaten Temperatur verholfen werden, damit der aufgenommene Samen im Unterleib nicht mehr verbrannt werde. Menschen mit einer kalten Konstitution sollten ihre körperliche Schwäche durch wärmende Kräuter und Speisen überwinden und wieder in die Lage versetzt werden, Samen zu produzieren. Die mittelalterliche Humoralpathologie wurde ergänzt durch Anweisungen zu einer gesunden Lebensweise, was auch Empfehlungen zum angemessenen Sexualverhalten einschloss. Wenn eine Frau schwanger werden wollte, sollte sie auf dem Rücken liegen und sich beim Geschlechtsakt möglichst ruhig verhalten.<sup>16</sup> Am besten schien die Nacht zur Zeugung geeignet, wenn die am Tag konsumierten Speisen verdaut waren und das Blut im Körper ungehindert zirkulieren konnte.

Zu den pharmazeutischen Mitteln gegen Unfruchtbarkeit gehörten Kräutertränke, Bäder, Salbungen, Pflaster, Tamponaden und Räucherungen. Als fruchtbarkeits- und potenzsteigernd galt zudem der Verzehr von Biebergeil und Tierhoden; insbesondere die Genitalien jener Wildtiere wurden empfohlen, die für eine hohe Anzahl an Jungen bekannt waren: Hasen, Eber und Hirsche. In dem Kräuterbuch des deutschen Frühhumanisten und Arztes Johannes Hartlieb sind mehrere Pflanzen aufgenommen, die in der mittelalterlichen Frauenheilkunde Verwendung fanden: Salbei und Petersilie gehörten zu den pflanzlichen Drogen, die in der Unfruchtbarkeitstherapie sowohl oral als auch lokal verabreicht wurden. Petersilie sollte durch sein ätherisches Öl mit den Wirkstoffen Apiol und Myristicin uteruserregend wirken und die Muskulatur der Gebärmutter steigern. Salbeiarten wiederum, die sowohl Gerbstoffe als auch ätherisches Öl mit Thujon und Cineol enthalten, wurden innerlich als Menstruationsmittel verwendet; bei einer äußerlichen Anwendung weisen sie einen adstringierenden und desinfizierenden Effekt auf.<sup>17</sup>

In mittelalterlichen Handschriften zur Frauenheilkunde sind oft mehrere Rezepte gegen Unfruchtbarkeit und Impotenz zusammengestellt, so dass Lesende – je nach Bedarf und Verfügbarkeit der benötigten Ingredienzen – zwischen verschiedenen Optionen wählen können. So wird in der bereits zitierten Münchener Handschrift Cgm 728 u.a. empfohlen, einer Wunschmutter durch Räucherung zur Schwangerschaft zu verhelfen:

*Item das ain fraw fruchtpar werde So nym zelidoni krawtt vnd verbenna kräut vnd habestro vnd sewd es alles mit ainander in ainem wasser in ainem kessel vnd mach da mit ain schayß pad in ainem vasz oder pad züber vnd wann sy aus dem pad gett So nym wjßsen weirach vnd römischen kimich der auch wejßsz sey vnd wirff die zway auff ain gliett vnd rauch sy dar ob das jr der rauch woll vnten auff gee vnd leg sych dann also warm nider an jr pett zw ainem mann so wirt sy fruchtpar ||<sup>18</sup>*

15 Vgl. Toepfer: Kinderlosigkeit, S. 62f. Vgl. auch Dietrich von Engelhardt: Diätetik. In: Werner E. Gerabek u.a. (Hg.): Enzyklopädie Medizingeschichte. Berlin; New York 2005, S. 299–303.

16 Vgl. Josephs: Kampf 1998, S. 130.

17 Vgl. Annette Josephs: Der Kampf gegen die Unfruchtbarkeit. In: Bettina Wahrig (Hg.): Arzneien für das „schöne Geschlecht“. Geschlechterverhältnisse in Phytotherapie und Pharmazie vom Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert. Stuttgart 2004 (Braunschweiger Veröffentlichungen zur Pharmazie- und Wissenschaftsgeschichte 44), S. 35–50.

18 München BSB: Cgm 728, Bl. 138v, zitiert nach Kruse: Verborgene Heilkünste, S. 318.





Aus heutiger Sicht erscheint diese Behandlungsmethode zumindest befremdlich, doch gehören Räucherungen zu den am frühesten bezeugten Unfruchtbarkeitstherapien und lassen sich bis ins alte Ägypten zurückverfolgen. Die Gebärmutter sollte in eine empfängnisbereite Lage versetzt werden, indem sie durch wohlriechende Dämpfe angelockt und durch üblen Gestank zurückgetrieben wurde.<sup>19</sup> Hier klingen archaische Vorstellungen von der Gebärmutter als einem eigenen Lebewesen an,<sup>20</sup> das im Körper umherwandern und großen Schaden anrichten kann. Werde die Gebärmutter nicht regelmäßig mit Samen versorgt, könne sie sich selbstständig machen und gar zum Erstickungstod führen. Die Annahme, dass Frauen zur Mutterschaft bestimmt sind und zu ihrem eigenen Wohl penetriert werden müssen, wurde in der Vormoderne durch körperbezogene und naturkundliche Theorien gestützt.

Aufgrund solcher Körper- und Geschlechterkonzepte wundert es kaum, dass Unfruchtbarkeit in der mittelalterlichen Medizin primär als ein weibliches Problem aufgefasst wurde. Zwar wird in den medizinischen Handschriften durchaus reflektiert, dass die Ursache für die Kinderlosigkeit beim Mann liegen kann und behandelt werden muss. So finden sich auch diverse Rezepte, die die körperliche Konstitution und Zeugungsfähigkeit von Männern stärken sollen. Doch wird männliche Unfruchtbarkeit auf den Spezialfall der Impotenz eingeschränkt und medizinisch dem Bereich der Frauenheilkunde zugeordnet. Auf diese Weise entsteht der Eindruck, dass alles, was mit Kinderlosigkeit und Elternschaft, Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit zu tun hat, letztlich eine Frauensache ist. Angesichts dieser langen kulturgeschichtlichen Tradition ist es nicht erstaunlich, dass Kinderlosigkeit noch heute primär bei Frauen thematisiert und als weibliches Problem aufgefasst wird. Erst in jüngster Zeit ist erkannt worden, dass Kinderlosigkeit auch für das Selbstverständnis und die Geschlechtsidentität von Männern von entscheidender Bedeutung ist und dringend erforscht werden müsste.<sup>21</sup>

### 5. Glaubensfragen: Religion, Medizin und Magie

Die heutige und die historische Wahrnehmung von Kinderlosigkeit unterscheiden sich am stärksten wohl darin, dass der theologische und der medizinische Diskurs im Mittelalter noch nicht voneinander abgekoppelt waren. Die religiöse Perspektive prägte alle Lebens- und Wissensbereiche und ragte auch in die Frauenheilkunde hinein. Daher finden sich in den medizinischen Handschriften neben gynäkologischen Traktaten und Kinderwunschrezepten ebenso Segensformeln, die zusätzlich zu pharmazeutischen Maßnahmen angewendet werden konnten. Fürbitten, Gebete, gelesene Messen, Wallfahrten und Almosen waren in der Regel die ersten und oft lebenslänglich angewandten Strategien, um zum Wunschkind zu gelangen.<sup>22</sup> Die religiösen Wundergeschichten, in denen fromme Paare im hohen Alter noch Eltern werden, blieben nicht ohne Wirkung.<sup>23</sup> Zahllose Legenden, Mirakelbücher und Votivtafeln erzählen davon, dass Menschen dank göttlicher Hilfe nach langem vergeblichem Warten Nachwuchs bekommen.

In einem mittelalterlichen Kinderwunschrezept ist die Bitte um göttlichen Segen sogar Teil der medizinischen Behandlung: Während die Frau zur Kirche geht und dort um Fruchtbarkeit betet,

19 Vgl. Karl-Heinz Leven: Gebärmutter. In: Ders. (Hg.): *Antike Medizin. Ein Lexikon*. München 2005, Sp. 324–327.

20 Vgl. Josephs: *Kampf* 1998, S. 37, 44, 234f.

21 Vgl. Petra Thorn: *Männliche Unfruchtbarkeit und Kinderwunsch. Erfahrungen, Lebensgestaltung, Beratung*. Stuttgart 2010; Toepfer: *Kinderlosigkeit*, S. 393f. Vgl. auch Catherine Rider: *Men's Responses to Infertility in Late Medieval England*. In: Davis; Loughran (Hg.): *The Palgrave Handbook of Infertility* 2017, S. 273–290; dies.: *Men and Infertility in Late Medieval English Medicine*. In: *Social History of Medicine* 29 (2016), S. 245–266.

22 Adolph Franz: *Die kirchlichen Benediktionen im Mittelalter*. 2 Bde. Freiburg 1909. Reprint Graz 1960, Bd. 2, S. 176–186.

23 Vgl. Toepfer: *Kinderlosigkeit*, S. 24–33; Candida R. Moss; Joel S. Baden: *Reconceiving Infertility. Biblical Perspectives on Procreation and Childlessness*. Princeton; Oxford 2015.





soll der Mann zu Hause Hasenhoden verzehren und anschließend mit ihr schlafen. Der Verfasser zeigt sich zuversichtlich, dass ein solches Verfahren Erfolg hat: Auf diese Weise werde die Frau schwanger und einen Sohn gebären.<sup>24</sup> In einer anderen medizinischen Handschrift ist ein Gebärmuttersegen überliefert, der dreimal nüchtern über einer Frau aufgesagt und jeweils mit fünf Vaterunsern verknüpft werden soll, darüber hinaus ist dem Heiligen Erasin ein Opfer zu geben. Eigens wird betont, dass es sich um ein bewährtes Mittel handle, bevor die Gebetsformel im Wortlaut festgehalten ist:

*In nomine patris et filij et Spiritus sancti domine deus pater medice celestis cui assistunt angeli cum magno tremore futurre mihi famule tue. N. Amen + matrix + matrix + matrix + matrix + matrix + Ruffa matrix Vermosa matrix Capitoma matrix pulmosa matrix Sanguine matrix Spenetica matrix frenetica matrix demonica matrix [...].*<sup>25</sup>

Mit der vielfachen Benennung der Gebärmutter erinnert der Text eher an eine magische Beschwörung als ein andächtiges Gebet. Doch zeigt die anfängliche Anrufung der Dreifaltigkeit, dass es sich hier nicht einfach um Zauberei handelt. Vielmehr sind Religion, Medizin und Magie im Mittelalter so eng verwoben,<sup>26</sup> dass sich die verschiedenen Kinderwunschstrategien kaum voneinander abgrenzen lassen. Nach mittelalterlicher Auffassung war die gesamte sinnlich wahrnehmbare Welt mitsamt dem Menschen und seinen Fortpflanzungsorganen in einen metaphysischen Rahmen eingebettet. Der Gebärmuttersegen legt diesen Gesamtzusammenhang offen, indem eingangs Gottvater als himmlischer Arzt angerufen wird (*domine deus pater medice celestis*). Alle menschlichen Heilkünste sind vergebens, wenn nicht der christliche Heiland seinen Segen spendet. Gott gilt auch im Bereich der Medizin als die oberste Instanz, von der Heil und Heilung, Fruchtbarkeit und Elternschaft abhängig sind.<sup>27</sup>

Erneut scheint die mittelalterliche Heilkunde mit ihren religiösen Implikationen weit von der modernen Reproduktionsmedizin entfernt, doch gerade hier lässt sich mit dem Ansatz der historisierenden Komparatistik eine entscheidende Strukturanalogie entdecken: Wie ist das große Vertrauen von kinderlosen Frauen und kinderlosen Männern heute in die Reproduktionstechnologie zu erklären? Weshalb lassen sich Kinderwünschende wieder und wieder auf medizinische Behandlungen ein, obwohl sie um ihre geringen Erfolgsaussichten wissen und die ganze Prozedur als höchst belastend empfinden?<sup>28</sup> Der Glaube an eine höhere Macht, die Unfruchtbarkeit überwindet und Menschen zu ihrem Wunschkind verhilft, ist meines Erachtens nicht

24 Vgl. Berlin SBB: Ms. germ. fol. 1069, Bl. 202ra, zitiert nach Kruse: Verborgene Heilkünste, S. 160: *Jtem wen ein frow ze kilchen gat eines Kindes so schlinde der man testiculum leporis vnd lige den bin stner frowen so wirtz eins suns swanger.* – Generell spielte das Geschlecht des Kindes in der mittelalterlichen Gesellschaft eine viel wichtigere Rolle als heute, vgl. Toepfer: Kinderlosigkeit, S. 98; dies.: Fertilität und Macht. Die Reproduktionspflicht mittelalterlicher Herrscherinnen und Herrscher. In: Irina Dumitrescu; Ludwig Morenz; Andrea Stieldorf; Linda Dohmen (Hg.): *Geschlecht macht Herrschaft/Gender Powers Sovereignty (Macht und Herrschaft)* (im Druck).

25 Berlin SBB: Ms. germ. fol. 1069, Bl. 225v/226rv, zitiert nach Kruse: Verborgene Heilkünste, S. 51.

26 Vgl. Katharine Park: *Medicine and Magic. The Healing Arts*. In: Judith C. Brown; Robert C. Davis (Hg.): *Gender and Society in Renaissance Italy*. London; New York 1998, S. 129–149.

27 Vgl. Tobias Bulang; Regina Toepfer (Hg.): *Heil und Heilung. Die Kultur der Selbstsorge in der Kunst und Literatur des Mittelalters und der frühen Neuzeit*. Heidelberg 2020 (GRM Beiheft 95).

28 Nach den aktuellen Angaben des Deutschen IVF-Registers liegt die Geburtenrate pro Embryotransfer bei 23,5 Prozent, nicht enthalten sind also jene Zyklen, bei denen eine Hormonbehandlung, die Follikelpunktion und die IVF-Behandlung zu keinem Ergebnis führten. Vgl. D.I.R. Jahrbuch 2019. In: *Journal für Reproduktionsmedizin und Endokrinologie – Journal of Reproductive Medicine and Endocrinology* 17, Sonderheft 1 (2020), hier S. 8: <https://www.deutsches-ivf-register.de/perch/resources/dir-jahrbuch-2019-de.pdf> (Zugriff: 09.11.2020). – In der kürzlich veröffentlichten repräsentativen Studie des Bundesfamilienministeriums beschrieben 73 Prozent der Frauen und 63 Prozent der Männer die reproduktionsmedizinische Behandlung als sehr belastend. Vgl. Carsten Wippermann: *Ungewollte Kinderlosigkeit 2020. Leiden – Hemmungen – Lösungen*, hg. v. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Berlin 2020, S. 119:



geringer geworden, sondern hat sich nur in einen weltlichen Bereich verlagert. In dieser Hinsicht ist eine Formulierung entlarvend, die in der kürzlich veröffentlichten repräsentativen Studie des Bundesfamilienministeriums ‚Ungewollte Kinderlosigkeit 2020‘ gewählt wurde: Unter denjenigen, die selbst Erfahrungen mit Reproduktionsmedizin gemacht haben, stimmen 81 Prozent der Frauen und 70 Prozent der Männer folgender Aussage zu: „Ich habe mich dafür entschieden, weil ich an den Erfolg durch die moderne Medizin *glaube* [Hervorhebung R.T.]“. <sup>29</sup>

Gezielt schüren Kinderwunschzentren solche Hoffnungen, indem sie mit fertilen Verheißungen operieren und sich dabei religiöser Elemente bedienen. So weist der eingangs zitierte Werbespruch des Stuttgarter Kinderwunschzentrums kaum zufällig Anklänge an jüdisch-christliche Heilerfahrungen auf. Das Versprechen, „alles aus einer Hand“ erhalten zu können, erinnert an das beliebte biblische Motiv der Hand Gottes. „Herr, [...] du bist unser Bildner, und wir alle sind das Werk deiner Hände“, preist etwa der Prophet Tritojesaja (Jes 64,7) die Allmacht Gottes. Hundertfach wird das Bild der Hand Gottes im Alten Testament verwendet, um die göttliche Schöpfungs- und Rettungskraft wie Herrschaftsgewalt zu rühmen. Vor dem Hintergrund dieser Symboltradition, die auch Eingang in die christliche Ikonographie erhalten hat, lässt sich das Vorsorge-Plakat der italienischen Fertilitätskampagne neu interpretieren. Auffällig sind die Hände der Arztfigur in Szene gesetzt, die handelnd, helfend, heilend ein Kind gleichsam zu formen scheinen. Die Hand aber, aus der Kinderwünschende heute alles empfangen sollen, von der Eizelle bis zum Kind, gehört dem reproduktionsmedizinischen, nicht mehr dem biblischen Schöpfer.

<https://www.bmfsfj.de/blob/161018/2027ee7422f420d004ebcb026bbb277b/ungewollte-kinderlosigkeit-2020-data.pdf> (Zugriff: 25.11.2020).

<sup>29</sup> Vgl. Wippermann: Ungewollte Kinderlosigkeit, S. 119. Dieser Glaube an die Reproduktionsmedizin erzielt einen der höchsten Zustimmungswerte, mehr als die hohe Belastung in finanzieller oder emotionaler Hinsicht oder aufgrund der Ungewissheit über den Behandlungserfolg.



## Picasso philosophisch

CLAUS-ARTUR SCHEIER

Seminar für Philosophie, TU Braunschweig, c.scheier@tu-braunschweig.de

Zwei Jahre vor *Guernica* äußerte Picasso, seine Bilder seien Summen von Zerstörungen, bei denen zuletzt nichts verlorengegangen sei. Indem Transformation nicht nur Maßgabe moderner Ästhetik, sondern das Motiv der industriellen Moderne überhaupt ist, schreibt Picassos Werk sich exemplarisch ein in deren geschichtliche Bewegung, Was wird zerstört? Was geht nicht verloren? Picasso: Eine Antwort auf die Frage der Moderne nach ihrer eigenen Bestimmung.

„Bei mir ist ein Bild eine Summe von Zerstörungen [...] Doch zu guter Letzt ist nichts verlorengegangen.“<sup>1</sup> Das unterscheidet die Zerstörungen des Schaffenden von denen des Verbrauchers. Wohl lässt sich ein Schaffen postulieren, das ohne zuvor zerstören zu müssen rein von sich aus anfangen wie die göttliche Schöpfung der klassischen Theologie oder das künstlerische Genie zur Zeit seines Kults im 18. Jahrhundert. In diesem empfindsam-spontanen Sinn versteht Picasso sich nicht als Genie, auch wenn man gern sagt: „Das Genie Picasso“. Ist jedes seiner Bilder nicht nur eine Summe von *Zerstörungen*, sondern eine *Summe* von Zerstörungen, dann ist es Gebilde als *Versammlung* und also *Gedächtnis* des Zerstörten, *Transformation* – ins anschauende Eingedenken. Sie ist darum nicht die eigene Verwandlung oder Metamorphose des so Zerstörten noch auch von der Art der (methodisch jederzeit rekonstruierbaren) technischen Transformation, die einen lebensweltlichen oder wissenschaftlichen Zweck implementiert, ihre Materialien zum Mittel macht. Die ästhetische Transformation ist so individuell wie das Zerstörte selbst.

„Wenn ich nicht mehr da bin, kann sie niemand zusammensetzen“, sagte Picasso von einer im Krieg zerbrochenen Skulptur und zeigte, erzählt Werner Spies, auf das Tablett vor sich:

So, als gäbe man jemandem, der auf die Welt kommt, ohne zu wissen, wozu das dient, Tee, Butter, Konfitüre. Was würde er damit machen? Vielleicht wäscht er sich mit dem Tee die Füße, streicht die Konfitüre auf den Kopf und will statt gelber Butter rote oder blaue.<sup>2</sup>

Was Spies zu der Reflexion veranlasst, ob „dieser Ankömmling, von dem Picasso erzählt, nicht eben wieder dieser Picasso selbst“ sei? „Wozu das dient“... Anders als dem Fragment der Romantiker lässt sich dem modernen Fragment sein Bezug aufs Ganze nicht mehr ablesen. Der Satz 1.2 aus Ludwig Wittgensteins *Logisch-philosophischer Abhandlung* beschreibt die *moderne* Welt: „Die Welt zerfällt in Tatsachen“<sup>3</sup> und dem Ingenieur Wittgenstein schwebten technische Geräte vor, als er notierte:

Es gibt eine Betrachtungsweise der elektrischen Maschinen und Apparate (Dynamos, Radiostationen, etc. etc.), die sozusagen ohne vorgefasstes Verständnis diese Gegenstände als eine Verteilung von Kupfer, Eisen, Gummi, etc. im Raum ansieht. Und diese Betrachtungsweise könnte zu manchem interessanten Resultat führen. Sie ist ganz analog der eines mathematischen Satzes als Ornament. – Es ist natürlich eine durchaus strenge und korrekte Auffassung; und das Charakteristische und Schwierige an ihr ist, dass sie den Gegenstand ohne jede vorgefasste Idee betrachtet (sozusagen von einem Marsstandpunkt), oder vielleicht richtiger: die normale vorgefasste Idee, Erklärung, zerstört (durchkreuzt).<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Picasso 1957, 35 f.

<sup>2</sup> Spies 1988<sup>1</sup>, 124 f.

<sup>3</sup> Wittgenstein 1984<sup>1</sup>, 11.

<sup>4</sup> Wittgenstein 1984<sup>2</sup>, Nr. 711, 441 f.

Picassos „Zerstörungen“ entziehen die Gegenstände ihrem lebensweltlich immer schon unterstellten Zweck-Mittel-Kontext und lassen sie ‚als eine Verteilung im Raum‘ sehen, die sich gleichwohl einer neu-summierenden, der *ästhetischen Funktion* fügt – sie sind keine Destruktionen, sondern, mit dem glücklichen Terminus Jacques Derridas, Dekonstruktionen. Die in der Destruktion konstruktive ästhetische Funktion realisiert – angesichts des an provozierendsten Deformationen überreichen Werks Picassos offenbar paradoxerweise – das Postulat der Autonomie. Der im 5. vorchristlichen Jahrhundert geprägte Begriff ist von Anfang an politisch konnotiert und meint die Identität der *eigenen* Differenz. Als ästhetische Subjekte, *Sujets*, beginnen die scheinbar bekannten, weil gesellschaftlich eindeutig zugeordneten Gegenstände ein Eigenleben, in das der Künstler zwar *eingreift*, ohne doch ihm vorzugreifen:

Auch heute weiß ich noch nicht, wohin mich eine Arbeit führt. Ich fange an, an einer Ecke des Blattes, es wird ein kleiner Hund daraus oder sonst etwas, und das Zeichnen springt weiter von Blatt zu Blatt, von Leinwand zu Leinwand.<sup>5</sup>

*Sujet* ist der Gegenstand in seinem Eigen-Sinn, den der Künstler zwar gleichsam „am Schwanz gepackt“ hat wie sein Begehren,<sup>6</sup> ohne ihn aber endgültig festhalten zu können oder auch nur zu wollen. Einzig in der (realen und virtuellen) Transformation *existiert* dieser Eigen-Sinn, denn Sinn selbst ist gerichtet sein auf... - weswegen Picasso

dank ständiger Formvariation irgendwie alle möglichen Lösungen durchspielt. Geradezu computerhaft geht er vor. Nie steht eine Arbeit für sich da, gelungen definitiv – immer wird sie von zahllosen Annäherungen begleitet. Überall finden wir enge, sich oft nur in wenigen Details unterscheidende Variationszyklen. Die Vorstellung von einer absoluten, gültigen Lösung scheint aus dem Denken Picassos verbannt zu sein. [...] Aus Entdeckungen, die in anderen Händen Zeitstil geworden wären, macht er Modi der Wirklichkeitserfassung.<sup>7</sup>

Die energischsten Alternativen innerhalb der Kunst der klassischen Moderne bestanden darin, den Gegenstand *surrealistisch* in ein imaginäres Anderssein zu verschieben oder ihn *abstraktiv* so zu zerstören, dass seine Gegenständlichkeit überhaupt verlorengeht, die *Verdinglichung getilgt* wird – der Weg, den Kandinsky (\*1866), Mondrian (\*1872) oder Malewitsch (\*1878) beschritten. Denkwürdigerweise ziehen diese Gegenstandslosigkeit oder genauer: *Vorgegenständlichkeit* und jene *Übergegenständlichkeit* nur letzte Konsequenzen aus der bildnerischen Problematik des 19. Jahrhunderts.

Seit der industriellen Revolution stand die Realität des Gegenstands zur Disposition. Mit der Erfindung und weltweiten Verbreitung des Motors waren die beiden „ersten Bewegter“ des klassischen Denkens, Gott als der *primus motor* und seine Schöpfung, das *perpetuum mobile* Natur dem Anspruch einer positiven Wissenschaftlichkeit zum Opfer gefallen, die sich, zuinnerst technisch, gar nicht länger an die alte „erste Wissenschaft“, die Metaphysik zurückbinden konnte. Der metaphysische Begriff der Natur hatte sich in der Philosophie des deutschen Idealismus vollendet, und die bewusstlos technische („natürliche“) Produktivität war in den Dienst gezielt technischer Produktion getreten. Erkenntnistheoretisch hatte das zur Folge, dass die Gegenstände in ihrer Realität seither *nicht identisch*, sondern allererst zu *identifizieren* sind. Picasso war sich dessen sehr genau inne:

<sup>5</sup> Spies 1988<sup>2</sup>, 127.

<sup>6</sup> Picassos afghanischer Hirtenhund Kazbek sitzt – ein Rückenakt – im Zentrum von George Brassais Gruppenaufnahme anlässlich der Feier der Erstaufführung von *Le Désir attrapé par la queue* (1941) am 16. Juni 1944 (Brassai 1985, Abb. 34).

<sup>7</sup> Spies 1988<sup>4</sup>, 150 f.





[A]ber alle Dokumente aller Zeitalter sind falsch! Sie alle stellen das Leben dar ‚mit den Augen des Malers‘. All unsre Ideen von der Natur schulden wir Malern. Wir sehen durch ihre Augen. Das allein sollte genügen, uns Verdacht schöpfen zu lassen... Man redet von ‚objektiver Realität‘. Nun, was ist das denn, ‚objektive Realität‘?<sup>8</sup>

Für den Menschen selbst bedeutete dies, dass er von hier an, in der Wendung Nietzsches, „das *noch nicht festgestellte Thier*“ ist.<sup>9</sup> Im 20. Jahrhundert haben Picassos Porträts das wie keine anderen *ad oculos* demonstriert. Das 19. Jahrhundert hatte sich aus dieser flüssig gewordenen *Semantik* der Welt einerseits in simulierte Semantiken zurückgezogen – die Architektur in den Historismus, die Malerei in den „Salon“- , in Parallelwelten, die von Baudelaire 1860 *Paradis artificiels* getauft worden waren (einschließlich ihrer sehr realen Höllen), andererseits aus der Semantik überhaupt in eine reine *Syntax* der Welt, die seit Schopenhauer das ganze 19. Jahrhundert hindurch keiner anderen Darstellung zugänglich zu sein schien als der musikalischen. Die Adaptation musikalischer an bildnerische Verfahrensweisen führte, radikalisiert, zur Abstraktion,<sup>10</sup> die Transformation der semantischen Simulation zum Surrealismus. Einer Transformation bedurfte es hier, weil der Psychologismus des 19. Jahrhunderts in Gestalt der Psychoanalyse unvermeidlich geworden zu sein schien – anthropologisch unvermeidlich, denn die Philosophie nach Nietzsche hatte, wo sie nicht als Lebensphilosophie etc. die alten Themen fort- und umschrieb, mit der Phänomenologie, dem logischen Atomismus und dem logischen Empirismus bereits radikal anti-psychologistische Positionen bezogen.

Es ist von daher bezeichnend, dass nicht nur der Surrealismus, sondern gerade auch die Abstraktion massiver weltanschaulicher Flankierung nicht entraten konnte. Hundert Jahre später wirkt sie im Vergleich mit den Werken selbst wie historischer Ballast. Insbesondere im Fall der Abstraktion scheint es, als habe die ins Werk gesetzte reine Syntax unter der Hand die Aufgabe gehabt, die lastende Aura ihres eignen weltanschaulichen Programms zu konterkarieren. Nicht minder bezeichnend, dass all dies bei Picasso fehlt. Keine Manifeste, keine Programme, keine weltanschaulichen Explikationen, nur das Werk. Im Blick namentlich auf den Minotaurus-Komplex mag man von einer ‚Privatmythologie‘ sprechen, aber sie bleibt sozusagen lokal begrenzt als Transformation unter andern. Picassos weltanschauliche Unbelastetheit ist bekanntermaßen keine Naivität, sondern verdankt sich spätestens seit der Vorbereitungsphase der *Demoiselles d'Avignon* der radikal anti-psychologistischen Wende zum *Gegenstand*. Bei der bemalten Bronze *Das Absinthglas* von 1914 hatte man den Löffel mit Zuckerstück als Mütze deuten wollen, aber Picasso widersprach: „Das war nie meine Absicht.“ Und Werner Spies erläutert im *Gespräch in Mougins*:

Das *Absinthglas* bleibt für ihn mit der ursprünglichen Bedeutung identisch [...]. Das Reale selbst, das Thema der einzelnen Darstellung ist für ihn gegeben, insofern als dieses ihm gestattet, das Allgemeine einer Form immer weiter aufzufächern. Auf dem Hintergrund von diesem Realismus – der Behauptung, dass es kein absolutes, ein für alle Male fixiertes Reales gibt –, treibt Picasso seine Realitätserweiterung. [Das bedeutet,] dass ein Gegenstand zwischen seinem Erscheinen und Verschwinden alle Stationen durchlaufen kann. Immer jedoch bleibt eine Form – und gestattet sie unserem interpretierenden Hineinsehen noch so viele Ansatzpunkte – nominell mit einem präzisen Realen verbunden. [...] Auch dort, wo die Deformation eines Modells bis zur grotesken Kompliziertheit getrieben wird, bleiben die grundlegenden, unverwechselbaren Elemente dieses Modells erkennbar.<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Conzen 2005, 166 f.

<sup>9</sup> Nietzsche 1967<sup>2</sup>, Nr. 62, 79, vgl. Nr. 197, 119.

<sup>10</sup> Kandinsky <sup>9</sup>1970.

<sup>11</sup> Spies 1988<sup>1</sup>, 124.

Dass „hinter der Veränderung die semantische Aussage (Kopf, Brust, Beine) unangetastet bleibt“,<sup>12</sup> ist entscheidend. Denn zum einen ist der Gegenstand nicht imaginär, sondern real, und dies im alten Sinn von ‚realis‘, ‚sachhaltig‘, Instanz vorsubjektiver Differenz; zum andern aber ist seine Realität nicht ‚objektiv‘ in einer als geschichtslos allgemein vorgestellten intersubjektivität. Die Absage der Moderne an den absoluten Beobachterstandpunkt der klassischen Vernunft lässt den Gegenstand nurmehr konstituiert sein in Beobachterperspektiven, in denen er jeweils zwar notwendig so oder so erscheint, aber ebenso notwendig auch relativiert durch wieder andere (wirkliche oder mögliche) Beobachterperspektiven in einem axiomatisch untilgbaren *Undsoweiter*.<sup>13</sup> Die integrale semantische Aussage („Kopf, Brust, Beine“) „hinter der Veränderung“ kann also allein noch das treffen, was *das zu Verändernde* ist. Dies aber wird *gezeigt* oder, wo es bleibend gezeigt wird, *bezeichnet*. Die produktive Geste dieser Kunst ist das Bezeichnen, sie selbst im Ganzen ein (offenes) *Zeichensystem*. In diesem Sinn ist es keineswegs metaphorisch, sondern wörtlich gemeint (au pied de la lettre), wenn der Künstler selbst sie eine *Sprache* nennt. Françoise Gilot erinnert sich einer Erinnerung Picassos:

Wir gehören unglücklicherweise einer Epoche an, in der es weder eine Ordnung noch einen Kanon gibt, der es erlaubte, die künstlerische Produktion unter Regeln zu bringen. [...] [A]ls die Malerei allen Bezug zur Tradition verloren hatte und der Impressionismus jedem Maler erlaubte, zu machen was er wollte, war das die Anarchie. Man entschied, dass allein die Empfindungen und Affekte zählten und dass jeder die Malerei neu erfinden konnte wie er es verstand, ausgehend gleichgültig von welcher Basis. Da gab es denn keine Malerei mehr, es waren nur Individuen übriggeblieben. / Seit van Gogh sind wir alle Autodidakten – man könnte fast sagen Primitive. Nachdem die Tradition als solche im Akademismus untergegangen war, müssen wir eine ganze Sprache neu erfinden. Und jeder Maler unserer Zeit ist ermächtigt, diese Sprache neu zu erfinden von A bis Z. Man kann keinerlei Kriterium a priori auf sie anwenden, weil die festen Regeln außer Kurs gesetzt sind. [...] Wir versuchten, uns [während der kubistischen Phase] in eine dem Impressionismus entgegengesetzte Richtung zu bewegen. Deswegen haben wir die Farbe, den Affekt, die Empfindungen und all die anderen Errungenschaften der impressionistischen Schule fahren lassen. Wir waren auf der Suche nach einer architektonischen Basis in der Komposition, nach einer Strenge, die die Ordnung wiederherstellen könnte. [...] Aber der Individualismus war schon zu stark, und es war ein Fehlschlag; nach ein paar Jahren waren alle Kubisten, die etwas taugten, keine Kubisten mehr.<sup>14</sup>

Die kubistischen Bilder waren Proben aufs Exempel einer Welt-Syntax, wie sie auch von der Abstraktion beschworen wurde, mit dem Unterschied allerdings, dass die kubistische Syntax nicht die Komposition selbst sein sollte, sondern nur deren *Basis*. Die Kubisten hielten an der gegenständlichen Realität fest, und das war zugleich der Unterschied des postkubistischen Individualismus vom postimpressionistischen, dem erlaubt war, „zu machen was er wollte“. Der Kubismus war die irreversible Erfahrung eines unauflöslichen *Duals*, einer Differenz, in der nicht (impressionistisch) das kreative Subjekt, geschweige (positivistisch) das Objekt, sondern *die Differenz selbst* den Primat hatte. Edmund Husserls zeitgenössische Phänomenologie fasst diese Differenz als Intentionalität: ‚Gerichtetsein auf...‘ des Bewusstseins zwischen seinem „Ichpol“ und dem „Gegenstandspol“. Ästhetisch richtungsweisend ist hier, dass Husserl dabei einen sensuellen Stoff (*hylê*) von einer erst eigentlich intentionalen Form (*morphê*) unterscheidet,

und zwar so, dass über jenen sensuellen Momenten eine gleichsam „beseelende“, *sinngebende* (bzw. Sinngebung wesentlich implizierende) Schicht liegt, eine Schicht, durch die aus dem *Sensuellen*, *das in sich nichts von Intentionalität hat*, eben das konkrete intentionale Erlebnis zustande kommt.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Spies 1988<sup>3</sup>, 136 f.

<sup>13</sup> Scheier 2016.

<sup>14</sup> Gilot / Lake 1974, 86 f., meine Übs. Vgl. Strauß 1965, 68-70.

<sup>15</sup> Husserl 1980, § 85, 172.



Das *Phänomen* der Phänomenologie zeigt sich darin als das exakte strukturelle Analogon des *Zeichens* (signe), dessen Begriff Ferdinand de Saussures *Cours de linguistique générale* zwischen 1907 und 1911 ausarbeitete. Bereits 1916 als Hörernachschrift herausgegeben, wurde der *Cours* nach dem zweiten Weltkrieg zum Grundtext des Strukturalismus. Dieser auffälligen Latenzphase in der Rezeption der Theorie entsprach aber keine reale Latenz. Wie Gottlob Frege Ende der siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts mit seiner *Begriffsschrift* den exemplarischen Begriff der modernen (funktionalen) Logik konzipiert hatte, erwies Saussures linguistisches Konzept sich als exemplarisch für die moderne (funktionale) Semiologie überhaupt. Die theoretische Durchschlagskraft von Freges Funktionsebene so wie von Saussures Zeichenbegriff im 20. Jahrhundert ist nur dadurch zu erklären, dass die fortschreitende Industrialisierung und Technisierung die Welt schon *de facto* in eine funktionale Zeichenwelt transformiert hatte. Das lässt sich abermals exemplarisch jedem Werk Picassos seit den *Demoiselles* ablesen. „Immer ist Picasso darauf aus, Gesagtes optisch zu unterstreichen“, diagnostiziert Werner Spies:

Das Zeigen übernimmt zeitweise die Rolle des Sagens. „Denen, die über mich schreiben, fehlen die Wörter, die ich beim Malen erfinde.“ Es kommt einem vor, als seien die aber tausend Gegenstände, Skizzen, die er angefertigt hat und die überall hervorschauen, Relikte von Gesagtem, materialisierte Rede, Elemente eines Picasso-Wörterbuchs. Wörter, die zu Dingen geworden sind. Überall Bestände seiner taktilen Rede.<sup>16</sup>

Picassos Bilder und Skulpturen sind allesamt ins Werk als ins dinghafte Produkt gesetzte *Phänomene* (im genauen Sinn der Phänomenologie) und als solche selbständig gewordene *Zeichen*. Wie das Phänomen eine sinngebende (intentionale) Schicht aufweist, seine Form, die eine sensuelle Schicht zum Träger hat, besteht das Zeichen aus seiner *Bedeutung* (dem Signifikat) und ihrem Träger (dem Signifikanten), den Husserl den Stoff nennt und der ganz allgemein das *Medium* ist, worin die Bedeutung gegenständlich wird. Die „semantische Aussage (Kopf, Brust, Beine)“ oder das Signifikat realisiert sich im graphisch-plastisch-färblichen Medium. In der funktionalen Zeichenwelt des 20. Jahrhunderts ist dies freilich noch völlig unspezifisch und trifft nicht minder auf die Plakate an den Litfaßsäulen zu als auf Picassos einzelne Werke. Diese sind Zeugnisse nicht einer *angewandten*, auf unmittelbare Lesbarkeit abzielenden, sondern einer ‚*erfundenen*‘ Sprache: „Man kann keinerlei Kriterium a priori auf ihn anwenden, weil die festen Regeln außer Kurs gesetzt sind.“ Worin erweist sich aber die Erfindung, die das Zeichen allererst zum Kunstwerk macht?

Noch für diese Frage lässt die Phänomenologie nicht im Stich, die nämlich für ihre „originär gebenden Anschauungen“ ihrerseits auf ein ‚Erfinden‘ angewiesen ist, das Husserl prägnant *eidetische Variation* nennt:

Zur geistigen Methode der Ideation gehört es als Grundstück, dass sie die ihr ev. als leitende Ausgangsexempel dienenden Tatsächlichkeiten als bloße und reine Möglichkeiten einsieht; mit anderen Worten: in einem freien Tun wird eine Gleichgültigkeit gegen die Wirklichkeit ins Spiel gesetzt und dadurch das als Wirklichkeit Dastehende gewissermaßen in das Reich freier Phantasie versetzt. Auf diese Basis gründet sich die weitere Methode der Variation im bewusstseinsmäßigen Belieben, die Bildung einer offenen beliebigen Variationsmannigfaltigkeit von einzelnen Varianten, deren jede den Charakter eines beliebigen Exempels hat. [...] Gemäß diesem methodischen Ursprung hat das Allgemeine als Eidos und Eidetisches überhaupt nicht einen Umfang von Tatsachen, die es binden, sondern einen Umfang von reinen Möglichkeiten.

<sup>16</sup> Spies 1988<sup>3</sup>, 131.





Andererseits ist die eidetische Allgemeinheit jederzeit zu vorkommenden Wirklichkeiten in Beziehung zu setzen. Jede wirklich vorkommende Farbe ist ja auch eine im reinen Sinn mögliche; nämlich jede lässt sich als ein Exempel ansehen und in eine Variante verwandeln.<sup>17</sup>

Husserl selbst hat der eidetischen Variation die intime Nähe seiner Phänomenologie zur Kunst angesehen:

So kann man denn wirklich, wenn man paradoxe Reden liebt, sagen und, wenn man den vieldeutigen Sinn wohl versteht, in strikter Wahrheit sagen, dass die ‚Fiktion‘ das *Lebenselement der Phänomenologie, wie aller eidetischen Wissenschaft, ausmacht*, dass Fiktion die Quelle ist, aus der die Erkenntnis der ‚ewigen Wahrheiten‘ ihre Nahrung zieht.<sup>18</sup>

„Wir wissen alle“, bemerkte Picasso, „dass Kunst nicht Wahrheit ist, Kunst ist eine Lüge, die uns die Wahrheit begreifen lehrt, wenigstens die Wahrheit, die wir als Menschen begreifen können.“<sup>19</sup> Das harte Wort Lüge, Husserls „Fiktion“, ist mit Nietzsche „im außermoralischen Sinne“ gemeint (Nietzsche 1967<sup>1</sup>) und dialektisch insofern, als die ästhetische Lüge die außerästhetische: die gesellschaftliche, politische „Wahrheit“ – etwa die des (national)sozialistischen Realismus – Lügen straft, weil das, was traditionell Wahrheit genannt wird, hier längst zur Simulation geworden ist. Entsprechend erinnerte Wittgenstein im vorletzten Satz der *Logisch-philosophischen Abhandlung*: „6.54 Meine Sätze erläutern dadurch, dass sie der, welcher mich versteht, am Ende als unsinnig erkennt [...]. Dann sieht er die Welt richtig.“<sup>20</sup> Werner Spies kann darum zurecht behaupten, Picasso habe statt Ungegenständlichkeit „Gegen-Gegenständlichkeit“ geschaffen, „eine virtuelle, klare Gegenwelt. / Das Mögliche, am Seienden Festhaltende trennt ihn auch vom Surrealismus“<sup>21</sup> und dessen *bewusst* ins Werk gesetzter Simulation.

Wie Kunst von Anfang an, ist auch, und emphatisch, Picassos Kunst eine Gestalt von Erkenntnis. Als *moderne Erkenntnis* lehrt sie diejenige Wahrheit begreifen, „die wir als Menschen begreifen können“. Das darf nach allem nicht anthropologisch im Sinn eines zeitlosen (klassisch oder modern verstanden metaphysischen) Begriffs vom Menschen verstanden werden. Das *Wir* ist zu betonen. Die Wahrheit, die wir als Menschen begreifen können, ist allemal die, in die wir hineingeboren wurden, die *geschichtliche* Wahrheit. „Als die kubistische Bewegung sich verlief“, erinnerte sich Picasso,

rettete uns vor der völligen Isolation die Tatsache, dass wir trotz unsrer Differenzen allesamt Künstler des „modern style“ waren. Es gab so viele delirierende Kurvenlinien an diesen Métroeingängen und andre Manifestationen des „Nudelstils“ („style nouille“), dass ich mich aus Trotz fast ausschließlich auf gerade Linien beschränkte. Gleichwohl partizipierte ich auf meine Weise am „modern style“. Gegen eine Bewegung sein heißt immer noch an ihr teilzuhaben. Man kann seiner Epoche nicht entkommen.<sup>22</sup>

Am „Seienden“ festhaltend oder genauer: das Seiende neu aufsuchend sind Picassos Bilder und Skulpturen darum geradeso sehr Zeichen wie die Phänomene der zeitgenössischen Phänomenologie. Aber anders als der Philosophie darf es der Kunst nicht zu tun sein um das „Herausschauen eines reinen Allgemeinen“.<sup>23</sup> Sie steht und fällt mit der *aisthêsis*. Beider Erkenntnisbewegung ist die *eidetische Variation*. Im Blick auf das Allgemeine bleibt diese der Phänomenologie notwendig vorläufig

<sup>17</sup> Husserl 1962, 86.

<sup>18</sup> Husserl 1980, § 70, 132. „Ein Satz“, notiert Husserl in der Fußnote bezeichnenderweise, „der sich als Zitat besonders eignen dürfte, die eidetische Erkenntnisweise naturalistisch zu verhöhnern.“

<sup>19</sup> Picasso 1957, 9 [1923].

<sup>20</sup> Wittgenstein 1984<sup>1</sup>.

<sup>21</sup> Spies 1988<sup>3</sup>, 136, m.H.

<sup>22</sup> Gilot / Lake 1974, 87 f.

<sup>23</sup> Husserl 1962, 86.





und wird darum gemeinhin nicht einmal fixiert. Der Kunst wird sie zur Sache selbst als die Entfaltung des Eigen-Sinns des *Sujets*, Realisierung seiner latenten produktiven Potenz als geschichtlicher. Darum, und nur in *Analogie* zum industriellen Innovationszwang, ist die Legitimation jedes einzelnen Kunstwerks seine Neuheit, Erstlich- und Einzigkeit.

Der Semiotiker Roland Barthes hat 1962 in einem kleinen Essay nachgedacht über die „Imagination des Zeichens“. Die verschiedenen Aspekte der Zeichenrelation, entdeckt er, geben dem Erkenntnisinteresse eine je andere imaginative Richtung. Linguistik und Semiotik unterscheiden symbolische, syntagmatische und paradigmatische Relation des Zeichens. Die *symbolische* Relation ist die zwischen der Bedeutung (Signifikat) und ihrem Träger (dem Signifikanten). Dieser Träger ist hier kein selbstständiges Medium, die Bedeutung nimmt ihm seinen Eigen-Sinn, zehrt das Medium gleichsam auf. Am Zeichen, schreibt Barthes, interessiert die symbolische Imagination nur „das Signifikat: der Signifikant ist für sie nie etwas anderes als ein Determiniertes“, und „also liegt ein massives Privileg der Ähnlichkeit vor“. <sup>24</sup> Das gilt, scheint es, unmittelbar etwa für die neue Sachlichkeit, mittelbar aber auch für den Surrealismus. Die *syntagmatische* Imagination „speist all die Werke, deren Herstellung durch Anordnung diskontinuierlicher und beweglicher Elemente das Schauspiel als solches konstituiert: [...] das epische Theater, die serielle Musik und die strukturellen Kompositionen, von Mondrian bis zu Butor“ (465) und führt schließlich zu (wie es damals noch hieß) „kybernetischen Programmen“ (463). Die *paradigmatische* Imagination schließlich vergleicht Zeichen, hält am Signifikat nur dessen demonstrative Aufgabe fest – es kennzeichnet den Signifikanten, weiter nichts. Das paradigmatische Bewusstsein neigt also dazu, „das Signifikat zu entleeren: aber entleert darum nicht die Signifikation“, sieht vielmehr

den Signifikanten wie im Profil verbunden mit gewissen virtuellen Signifikanten, denen er, von ihnen verschieden, zugleich nah ist, <sup>25</sup> es sieht das Zeichen nicht mehr (oder doch in geringerem Maß) in dessen Tiefe, es sieht es *in seiner Perspektive*; folglich ist die dieser Schau verbundene Dynamik die eines Apells: das Zeichen wird aus einem endlichen, geordneten Vorrat *zitiert*, und dieser Appell ist der souveräne Akt der Bezeichnens: die Imagination des Landvermessers, des Geometers, des Besitzers der Welt, der sich in ihr wohlfühlt (464)

– und genau genug auch die Picassos. So ist es von besonderem Interesse, dass Barthes' Essay über die semiotologische Imagination den „Strukturalismus geschichtlich definiert als den Übergang vom symbolischen zum paradigmatischen Bewusstsein“ (461). Picasso hatte diesen Schritt 1907 bereits getan. Es scheint also, dass André Chastel recht behalten sollte, als er 1980 schrieb:

Man wird eher von ‚Methode‘ als von Improvisation sprechen, eher von Kultur als von Intention, und man wird weniger die verborgenen Beweggründe als den unendlichen Kalkül zu benennen suchen, der mehr oder weniger deutlich in jedem Werk hervortritt. Nichts wird klarer vor unseren Augen erscheinen als Picasso. <sup>26</sup>

Gleichwohl ist „der unendliche Kalkül“ nicht misszuverstehen als Algorithmus. Das verbietet im Vergleich zum syntagmatischen Bewusstsein bereits Picassos paradigmatische Imagination. Sie gibt dem *Sujet* seine paradigmatische Freiheit, vertraut es deren Eigen-Sinn an: „Seine Finger tasten beim Reden alles ab, suchen den Widerstand und die Veränderungsmöglichkeit des Herumliegenden aufzuspuüren.“ <sup>27</sup>

<sup>24</sup> Barthes 2002, 462.

<sup>25</sup> Spies 1993: „Picasso arbeitet im Kontrast“, 32.

<sup>26</sup> Chastel 1980, 345.

<sup>27</sup> Spies 1988<sup>1</sup>, 131.

Das mag den Blick schließlich auf eine Zeichenrelation lenken, die weder in Barthes' Essay noch in seinen *Elementen der Semiotik* (1965) erwähnt wird, aber in seinem letzten Buch *Die helle Kammer. Bemerkung zur Photographie* (1980): in einem Kinderbild seiner Mutter umso deutlichere Kontur gewinnt. Die Relation nämlich zwischen dem Zeichen und dem sogenannten *Referenten* als dem Gegenstand unabhängig von allem Bewusstsein hat im Essay über die Imagination des Zeichens schon deswegen keinen Ort, weil diese *Existenz* auf keine Weise, wie surreal auch immer, imaginiert werden kann. Aber – und darin sind Bewusstsein und Imagination des Künstlers wie des Kunstbetrachters je in ihrer eignen Existenz betroffen – sie wird *gefühlt*. Und das ist das innerste Geheimnis von Picassos Kunst, der einmal sagte: „Ideen und Gefühle werden schließlich Gefangene innerhalb [des] Bildes sein. Was auch mit ihnen geschehen mag – sie können dem Bild nicht mehr entschlüpfen.“<sup>28</sup> Vor jedem Werk Picassos *fühlen wir uns* im Bild – zweifellos: im Käfig der Moderne. Aber dieser Käfig ist überall hin offen.

#### Literatur:

- BARTHES, R. (2002): L'imagination du signe (1962) in: Marty, E. (Hg.): Oeuvres complètes. Nouvelle éd., Paris, Bd. 2, 460-465.
- BARTHES, R. (1980): La chambre claire. Note sur la photographie, Paris.
- BRASSAI (1985): Gespräche mit Picasso. Deutsch von Edmund Lutrand, Reinbek bei Hamburg.
- CHASTEL, A. (1980): L'image dans le miroir, Paris.
- CONZEN, I. (2005): „Suspended Motion“, Picasso's Bathers, in: Dies. (Hg.): Katalog der Ausstellung Bathers, Staatsgalerie Stuttgart, 15-178.
- GILOT, F. / LAKE, C. (1974): Vivre avec Picasso, Paris (1964). Dt. Strauß, A.-R. (1965): Leben mit Picasso, München.
- HUSSERL, E. (1980): Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Allgemeine Einführung in die reine Phänomenologie (Halle a. d. S. 1922), Tübingen.
- HUSSERL, E. (1962): Phänomenologische Psychologie. Vorlesungen Sommersemester 1925, in Biemel, W.: Husserliana IX, Den Haag.
- KANDINSKY, W. (1970): Über das Geistige in der Kunst (1912), Bern.
- NIETZSCHE, F. (1967 ff.) in Colli, G. / Montinari, M. (Hg.): Werke. Kritische Gesamtausgabe, Berlin/New York. 1. Ueber Wahrheit und Lüge im aussermoralischen Sinn, Bd. III-2, 367-348. 2. Jenseits von Gut und Böse, Bd. VI-2, 1-255.
- PICASSO, P. (1957): Wort und Bekenntnis. Die gesammelten Dichtungen und Zeugnisse, in Schif ferli, P. (Hg.): Gestalten und Wege, Bd. III, Frankfurt/M.
- SCHEIER, C.-A. (2016): Luhmanns Schatten - Zur Funktion der Philosophie in der medialen Moderne, Hamburg.
- SPIES, W. (1988): Kontinent Picasso. Ausgewählte Aufsätze aus zwei Jahrzehnten, München. 1. Gespräch in Mougins, 117-125; 2. Das neunzigjährige Jahrhundert. Picasso ignoriert seinen Geburtstag – Ein Besuch in Mougins, 127-131; 3. Der Maler des Jahrhunderts ist tot. Pablo Picasso 1881-1973, 133-137; 4. Der Kontinent mit Namen Picasso. Rückblick auf ein Jahrhundert, 145-153.
- SPIES, W. (1993): Picasso - Die Zeit nach Guernica, in: Picasso. Die Zeit nach Guernica 1937-1974, Katalog der Ausstellungen in Berlin, München und Hamburg, Stuttgart, 11-59.
- WITTGENSTEIN, L. (1984): Werkausgabe in 8 Bänden, Frankfurt/M. 1. Logisch-philosophische Abhandlung / Tractatus logico-philosophicus, Bd. 1; 2. Zettel, Bd. 8.

<sup>28</sup> Picasso 1957, 39 [1935].



## **MITTEILUNGEN**

### **Veröffentlichungen**

Im Berichtsjahr wurde veröffentlicht:

Jahrbuch 2019 der BWG mit 330 Seiten

Buch 'Zusammenwirken von natürlicher und künstlicher Intelligenz', Reinhold Haux, Klaus Gahl, Meike Jipp, Rudolf Krause und Otto Richter Hrsg, Springer Verlag

### **Geschäftliche Mitteilungen:**

Am 31.12.2020 gehörten der BWG 152 ordentliche Mitglieder an, davon 74 unter 70 Jahren, sowie 62 korrespondierende Mitglieder. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 28, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 31 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 15. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 85, zum Bereich Clausthal 17, zum Bereich Göttingen 9, zum Bereich Hannover 38 und zum Bereich Osnabrück 3.

Das Plenum trat am 18.12.2020 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm den Jahresbericht des kommissarischen Vizepräsidenten entgegen und beschloss den Haushalt 2021. In der Wahlsitzung am 28.08.2020 wurden die auf den Seiten 355 ff. vorgestellten Mitglieder zugewählt.

Das am 18.05.2020 tagende Konzil wählte die Gauß-Preisträgerin 2021 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 30.04.2021 fest.



## PERSONALIA

### Todesfälle

- 10.02.2020 Kose, Volkmar, Dr. rer. nat., Prof. für Metrologie – Makroskopische Quanteneffekte, Vizepräsident, Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig. Ordentliches Mitglied der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1994, korrespondierendes Mitglied seit 2010
- 12.02.2020 Haessner, Frank, Dr. rer. nat., Prof. em. für Werkstoffwissenschaften, Institut für Werkstoffe, TU Braunschweig. Ordentliches Mitglied der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1989
- 06.04.2020 Mahrenholtz, Oskar, Dr.-Ing. Dr. E. h. mult. Dr. h. c. mult., Prof. für Meerestechnik II und Beratender Ingenieur an der TU Hamburg-Harburg, Ordentliches Mitglied der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1977
- 01.06.2020 Richter, Egon, Dr. rer. nat., Prof. em. für Theoretische Physik, TU Braunschweig, Lehrstuhl B für Theoretische Physik. Ordentliches Mitglied der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1969, 1981 - 1984 Vorsitzender der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften
- 21.08.2020 Scheer, Joachim, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Prof. em. für Stahlbau, Institut für Stahlbau, TU Braunschweig, Ordentliches Mitglied der Klasse Ingenieurwesen seit 1978





## Todesfälle im Ausland

Mit deutlicher Verzögerung erreichten die BWG Nachrichten zum Tod der korrespondierenden Mitglieder im Ausland:

Prof. Dr. Sergej Borisovich LAVROV (1928-2000), Geograph, Lehrstuhlinhaber für Wirtschafts- und Sozialgeographie an der Universität St. Petersburg, 1991-2000 Präsident der Russischen Geographischen Gesellschaft, verstarb am 17. Juli 2000 in St. Petersburg. Herr Lavrov war seit 1988 korrespondierendes Mitglied der Geisteswissenschaftlichen Klasse der BWG. Seine zahlreichen akademischen Verdienste können nachgelesen werden in der Würdigung zum Gedenken an seinen 90. Geburtstag im Mai 2018 auf der Webseite der Russian Geographic Society unter <https://www.rgo.ru/en/article/90th-anniversary-sergey-borisovich-lavrov>.

Prof. Dr. Marie-Odile GARRIGUES (1938-2002), Historikerin mit dem Schwerpunkt mittelalterliche Geschichte, Maitre de recherches am Institut de recherche et d'histoire des textes Paris (IRHT-CNRS)/Rom, verstarb am 4. März 2002. Frau Garrigues war seit 1983 korrespondierendes Mitglied der Geisteswissenschaftlichen Klasse der BWG. In besonderer Erinnerung bleibt ihre umfassende Edition der Schriften des Benediktinermönchs Honorius von Autun „L'œuvre d'Honorius Augustodunensis: Inventaire Critique“, die in drei Teilen in den *Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft* (Bde 38-40, 1986-1988) gedruckt wurde.



## FRANK HAEßNER

\*06.01.1927 †12.02.2020

Am 12. Februar 2020 verstarb im Alter von 93 Jahren Prof. em. Dr. rer. nat. Frank Haeßner. Prof. Haeßner leitete das Institut für Werkstoffkunde von 1973 bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1996. In dieser Zeit übte er zweimal - und zwar von 1978 bis 1980 und nochmals von 1982 bis 1983 - das Amt des Dekans aus. Er wurde auf Beschluss der Plenarversammlung vom 14. April 1989 in Würdigung seiner wissenschaftlichen Verdienste zum Ordentlichen Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft in der Klasse für Ingenieurwissenschaften berufen.

Frank Haeßner wurde am 6. Januar 1927 in Königsberg (damals Königsberg in Preußen, heute Kaliningrad) geboren. Er wuchs ganz in der Nähe im Hause seiner Eltern in Braunschweig/Ostpreußen (heute Braniewo/Polen) auf und besuchte dort ab 1937 die Oberschule, die er allerdings nicht mit dem Abitur abschließen konnte, da er 1944 im Alter von 17 Jahren zum Reichsarbeitsdienst einberufen wurde und danach in amerikanische Kriegsgefangenschaft kam. Nach der Entlassung aus der Gefangenschaft 1945 und einer kurzen Tätigkeit als Landarbeiter besuchte er 1946 einen Übergangskurs für Kriegsteilnehmer, um die Berechtigung zum Studium zu erwerben, das er dann, trotz aller widrigen Umstände im Jahre 1947 im Alter von 20 Jahren begann. Hier war er bereits der Metallkunde verbunden, was in einer Promotion an der Universität Göttingen bei G. Masing im Jahre 1953 mündete. Bis 1957 war er wissenschaftlicher Assistent am Institut für Metallkunde, das er ab 1956, nach dem Tod seines Doktorvaters, allein leitete. Ende 1957 nahm Dr. Frank Haeßner dann eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart an. Dort wurde er 1963 habilitiert und war von 1966 bis zu seiner Berufung an die TU Braunschweig im Jahre 1973 Abteilungsleiter und außerplanmäßiger Professor an der damaligen TH Stuttgart. In diesen Zeitraum fielen auch längere Forschungsaufenthalte am N.C. State College in Raleigh, N.C., USA und am Argonne National Laboratory, Chicago, Ill., USA.

Wesentliche Forschungsgebiete von Prof. Haeßner waren der Einfluss von Spurenelementen auf die Eigenschaften von Reinstoffen, die Systematik und Deutung von Walzstrukturen sowie die Rekristallisation und Rekristallisationskinetik von Metallen bei unterschiedlichen Verformungsgraden. Seine Arbeiten veröffentlichte Prof. Haeßner u. a. im Buch „Recrystallisation of Metallic Materials“, das auch ins Russische übersetzt wurde sowie in über hundert hochwertigen nationalen und internationalen Veröffentlichungen. Ab 1983 war er Mitglied im Senat des DFVLR (heute DLR) und nach 1995 Ehrenmitglied der Deutschen Gesellschaft für Material-

kunde (DGM).

Prof. Haeßner hat die deutsche Forschungslandschaft auf dem Gebiet der Metallkunde wesentlich geprägt und einen erheblichen Beitrag zur Profilbildung der Fakultät für Maschinenbau der TU Braunschweig geleistet. Nach einem langen und erfüllten Leben hinterlässt er ein großartiges wissenschaftliches Erbe und – auch wegen seines besonders freundlichen und angenehmen Wesens – eine Lücke, die unsere geschätzte Erinnerung

wachhalten wird.

Klaus Dilger



## VOLKMAR KOSE

\* 30.03.1936 † 10.02.2020

Professor Dr. Volkmar Kose wurde 1936 in Stettin geboren. Er studierte an der Universität Göttingen Physik und wurde dort 1967 zum Dr. rer. nat. promoviert.

1968 begann er seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Angestellter in der PTB in Braunschweig mit der Aufgabe, ein neuartiges Spannungsnormale auf der Grundlage des 1962 theoretisch vorhergesagten Josephson-Effekts zu entwickeln. Im Rahmen dieses Projektes wurde er 1969 für ein Jahr an das amerikanische National Bureau of Standards in Boulder/Colorado abgeordnet. Nach seiner Rückkehr wurde ihm 1970 die Leitung des Laboratoriums „Mikrowellen“ und 1976 die Leitung der Gruppe „Hochfrequenzmesstechnik“ übertragen. 1977 übernahm er die Leitung der Abteilung „Elektrizität“ der PTB, der er 12 Jahre vorstand. Mit großem Erfolg hat er in dieser Zeit die Arbeiten auf den Gebieten der Elektrischen Einheiten und der Präzisionsmesstechnik vorangetrieben. Zusammen mit seinen Mitarbeitern gelang es ihm, die PTB auf diesen Gebieten in eine weltweit führende Position zu bringen, die sie bis heute hält. Seine Arbeitsergebnisse erfuhren nationale und internationale Anerkennung. So wurde er u. a. zum Vorsitzenden der URSI-Kommission A „Electromagnetic Metrology“, zum Mitglied im Comité Consultatif d'Electricité der Meterkonvention, zum Mitglied des Vorstandes der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und zum Honorarprofessor an der TU Braunschweig berufen.

1975 wurden Herrn Kose zusammen mit Dr.-Ing. Bruno Fuhrmann der Helmholtz-Preis für die Pionierarbeit bei der Erstellung eines Josephson-Spannungsnormals verliehen (Preisverleihung am 08.03.1977). Das von Fuhrmann und Kose entwickelte Spannungsnormale bestand aus zwei Josephson-Kontakten, einem ohmschen Spannungsteiler und einem SQUID (Superconducting Quantum Interference Device), die alle mit flüssigem Helium auf 2 Kelvin gekühlt wurden. Durch Bestrahlung der Kontakte mit Mikrowellen von 70 GHz wurde zunächst eine Referenzspannung von 3 mV erzeugt. Daraus gewannen die Forscher mit Hilfe des Spannungsteilers eine Spannung im Bereich von 1 V. [Volkmar Kose et al.: Maintaining the Unit of Voltage at PTB via the Josephson Effect. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 23, (1974), 271]

1989 wurde Prof. Kose Mitglied des Präsidiums der PTB. Gleichzeitig übernahm er die Leitung des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD), dessen Technischer Direktor er seit seiner Gründung 1977 war. Er hat den Ausbau des DKD und seine internationale Einbindung in die europäischen Organisationen konsequent fortgesetzt. Mehrere Jahre war er stellvertretender Vorsitzender der Western European Calibration Cooperation (WECC). Maßgeblich war er an der Fusion von WECC und der Western European Laboratory Accreditation Cooperation (WELAC) zur EAL, European Cooperation for Accreditation of Laboratories) beteiligt. 1993 wurde Prof. Kose Vizepräsident der PTB. Seitdem widmete er sich auch der überregionalen Zusammenarbeit im Bereich der Metrologie. 1998 trat Volkmar Kose in den Ruhestand.

Seit 1994 war Prof. Kose ordentliches Mitglied und seit 2010 korrespondierendes Mitglied der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Prof. Dr. Kose war ein Wissenschaftler, der sich nicht nur bei den Kolleginnen und Kollegen der BWG, sondern auch bei seinen nationalen und internationalen Kollegen gleichermaßen durch seine hohe fachliche Kompetenz, sein engagiertes und erfolgreiches Wirken und durch seine ansprechende menschliche Art hohe Anerkennung erworben hat.



Prof. Kose verstarb am 10.02.2020 während eines Winteraufenthalts auf Teneriffa. Unser Mitgefühl gilt seiner Ehefrau und seinen Kindern mit deren Familien. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Andreas Waag





## OSKAR MAHRENHOLTZ

\* 17.05.1931 † 06.04.2020

Oskar Mahrenholtz's größtes Interesse galt in jungen Jahren der Geschichte, doch es kam anders. Er absolvierte nach einer Schmiedelehre zunächst ein Fachhochschulstudium in Hamburg. Von 1954 – 1958 folgte ein Studium des Maschinenbaus und der Verfahrenstechnik an der Technischen Hochschule Hannover. Von 1958 – 1966 arbeitet er als Wissenschaftlicher Assistent und später als Wissenschaftlicher Rat am Institut für Mechanik der Technischen Hochschule Hannover, das von Eduard Pestel geführt wurde. Mit einer Arbeit aus dem Gebiet der



Foto: AdWHH

Biofluididdynamik wurde er 1962 promoviert und 1966 mit einer Schrift zur analogen Simulationstechnik habilitiert. Bereits i Jahr 1966 wurde Mahrenholtz Ordentlicher Professor und gleichzeitig Direktor des Instituts für Mechanik in Hannover. Im Jahr 1982 folgte er einem Ruf als Leiter des Arbeitsbereichs Meerestechnik II – Strukturmechanik der Technischen Universität Hamburg-Harburg, der er bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1996 treu blieb.

Herausragend war sein Engagement für das Wissenschaftssystem der Bundesrepublik Deutschland. Er wirkte in vielen wissenschaftlichen Gremien mit. 1973 – 1979 war er Mitglied des Wissenschaftsrates und hatte von 1977 – 1979 den Vorsitz dessen wissenschaftlicher Kommission inne. In der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) war er von 1977 – 1983 gewählter Fachgutachter und Vorsitzender des Fachausschusses "Allgemeine Ingenieurwissenschaften", bevor er von 1983 – 1989 Vizepräsident der DFG wurde. Von 1989 – 1992 war er Präsident der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM); 1997 wurde er zum Ehrenmitglied der GAMM gewählt. Er war Organisator vieler Tagungen und Konferenzen. Die wichtigste war ICIAM 1995 mit mehr als 2000 Teilnehmern. Von 1996 – 2000 war er President of ECCOMAS (European Community on Computational Methods in Applied Sciences) und von 1989 – 2001 Delegierter der Bundesrepublik Deutschland im NATO Science Committee.

Mahrenholtz war Herausgeber bzw. Mitherausgeber zahlreicher nationaler und internationaler wissenschaftlicher Zeitschriften und hat selbst fleißig zu Themen seines reichhaltigen Forschungsspektrums publiziert. Neben vielen Zeitschriftenartikeln tragen auch einige Buchveröffentlichungen seinen Namen. Seine Neigung zu geschichtsbezogenen Themen wird an einer Reihe von Publikationen deutlich, die sich mit historischen Fragen auseinandersetzen. Darunter sind sehr lesenswerte Aufsätze zur ‚Geschichte der Mechanik‘ aus den Jahren 1976 bis 1982.

Durch eine Reihe von Gastprofessuren baute er seine Auslandskontakte sowohl fachlich als auch persönlich aus. Besonders zu erwähnen sind das Indian Institute of Technology Madras, die University of Toronto, Kanada, die University of Kiushu, Japan, und die Universität Leuven, Belgien. Vor allem lagen ihm die Verbindungen mit polnischen Wissenschaftlern am Herzen. Er hat damit sehr früh einen Beitrag für die Aussöhnung mit unserem unmittelbaren östlichen Nachbarn geleistet. Die deutsch-polnischen Symposien über die Stabilität nichtlinearer Strukturen gehen mit auf seine Initiative zurück. Von den zahlreichen Auszeichnungen, die Mahrenholtz erhalten hat, soll hier neben den Ehren-Doktor-Titeln der Universitäten Saarbrücken, Rostock und Bremen sowie der TU Krakau das Große Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland erwähnt werden. Er war gewähltes Mitglied und Ehrenmitglied vieler wissenschaftlicher Gesellschaften im In- und Ausland. Seit 1977 war er Mitglied der BWG. 1989 wurde er in die Joachim Jungius-Gesellschaft der Wissenschaften in Hamburg



gewählt. Seit deren Gründung 2005 gehörte er der Akademie der Wissenschaften in Hamburg an.

Oskar Mahrenholtz war spontan, konnte mit leicht herbem Charme aber sensiblem Kern für sich einnehmen, war mit einer subtilen Ironie gesegnet, stets humorvoll und immer zu einem Scherz aufgelegt. Er war ein einfühlsamer, fürsorglicher Ratgeber. Mit ihm verliert die BWG einen wichtigen Förderer und engagierten Gesprächspartner. Wir werden ihn in dankbarer Erinnerung behalten.

Hamburg, im Juli 2020

Edwin Kreuzer



## JOACHIM SCHEER

\* 05.03.1927 † 21.08.2020

Am 21. August 2020 ist o. Univ.Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Scheer friedlich entschlafen. Erfreulicherweise konnte er seine letzten Jahre ohne größere Erkrankungen vollbringen. Wichtig war ihm immer die soziale Einbettung: In seine Familie, mit seiner Frau Hannelore, seinen zwei Söhnen und mittlerweile fünf Enkelkindern sowie in seine verschiedenen Freundeskreise, dem Kreis der Kollegen samt Frauen aus Hannover und dem Kreis der Studienkollegen aus Darmstadt, mit denen er sich regelmäßig traf. Diese soziale Einbettung wurde durch den überraschenden Tod seiner Frau im Jahre 2002 dramatisch gestört. Da traf es sich, dass er sich mit einer Freundin seiner verstorbenen Frau anfreundete und mit ihr weitere 17 Jahre in Harmonie verbrachte.



Nach der ersten Phase des Umgewöhnens an die neue Situation ist er diese Aufgabe gezielt angegangen. Da war er ganz Scheer, so wie wir ihn alle kannten: „Wenn man eine Sache in die Hand nimmt, muss man sie sogleich bearbeiten und fertigmachen. Das ständige Hinlegen und Neuanfassen kostet zu viel Zeit und Mühe.“

Unsere gelegentlichen (Kontroll?)-Anrufe, gerade zur Corona-Zeit, zeigten einen gesundheitlich gut aufgestellten Emeritus, der sich in seinem neuen Leben eingerichtet hatte. Er konnte es auch nicht lassen zu fachsimpeln, zum Beispiel, wenn man ihm einen interessanten Aufsatz über das gemailt hatte, was ihn in den letzten Jahren stark beschäftigte hatte: Schäden an Bauwerken, insbesondere an Brücken. Dazu hat er nach seiner Emeritierung zwei Bücher geschrieben, die im W. Ernst Verlag erschienen sind. Da lag es auf der Hand, dass er brennend an neuen Erkenntnissen interessiert war, z.B. zum Einsturz der Brücke in Genua. Bei solchen Gelegenheiten zeigte sich in den Diskussionen, dass sein bei Kurt Klöppel - dem damaligen Doyen des deutschen Stahlbaus - geschultes Denken die Dinge immer noch sauber gliederte und analysierte. Uns hatte es schon als gerade promovierte Mitarbeiter geradezu begeistert, wie er Fachprobleme mit klarem Verstand - immer auf blitzsauberer, mechanischer Grundlage - analysierte und löste. Das war nicht überall der Standard!

Praktische Erfahrungen in ihrer ganzen Breite hat er im Anschluss an seine Promotion bei Klöppel in Darmstadt durch die Gründung des Ingenieurbüros Scheer-Weihermüller gesammelt. Stellvertretend sei hier die Berechnung der Gerüste für die Umsetzung der Felsentempel von Abu Simbel in Ägypten genannt.

*Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie.* Dieses Zitat wird Immanuel Kant, aber auch Kurt Lewin zugeschrieben. Es hätte aber ebenso gut von Joachim Scheer stammen können. Praxis ohne Theorie war nichts für ihn. Da war er ganz bei Leonardo da Vinci, der angeblich gesagt hat: *Diejenigen die meinen, Praxis ohne Theorie betreiben zu können, sind wie Seeleute, die ein Schiff ohne (Steuer-)Ruder und Kompass betreten und niemals wissen, wo sie ankommen.* So war auch für ihn die Verbindung von Theorie und Praxis die Sprungfeder, die den Konstruktiven Ingenieurbau voranbringen kann.

Reine Theorie ohne Nachprüfung in der Praxis war ihm genauso wesensfremd. Dies war wohl der wesentliche Grund für seinen Wechsel im Jahre 1976 von der Universität Hannover an das Institut für Stahlbau der TU Braunschweig, denn in Braunschweig stand ihm ein großes, gut eingerichtetes Labor zur Verfügung. Das Labor erwachte unter seiner Führung zu blühendem



Leben. Großversuche mit tausenden von Tonnen im großen Prüfgerüst oder in selbstentwickelten speziellen Prüfeinrichtungen und parallel dazu Versuche an kleineren Mustern und Bauteilen gehörten zum täglichen Leben im Labor.

Nach den Einstürzen mehrerer Brücken mit ausgesteiften, stählernen Hohlkästen um das Jahr 1970 entwarf er ein nationales Forschungsprogramm, in dem fast alle größeren Stahlbau-Institute Deutschlands beteiligt waren, um die Beulprobleme ausgesteifter Platten besser beschreiben zu können. Im Labor wurden dazu komplizierte Prüfeinrichtungen geschaffen, um z.B. das Beulen gedrückter, ausgesteifter Platten mit Schubbeintrag an den Längsrändern experimentell studieren zu können.

Für seine Leistungen in der Wissenschaft wurde ihm im Jahre 1994 die Ehrendoktorwürde der Technischen Universität München verliehen.

Wie bemerkt, war Joachim Scheer jemand, der versuchte, den oft gesehenen Gegensatz zwischen Praxis und Theorie aufzuheben, oder die Übergangsprobleme zu beseitigen. Seine „Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten“, erschienen 1960, sind dafür ein früher Beleg.

So überrascht es nicht, dass ihm ebenfalls im Jahre 1994 für seine Leistungen in Praxis und Wissenschaft die Auszeichnung des Deutschen Stahlbaus verliehen wurde.

Bei der Arbeit forderte er viel von sich und von anderen, das haben die gemerkt, die mit ihm eng zusammengearbeitet haben - sei es bei Forschungsarbeiten im Institut oder z.B. in Fachausschüssen. Joachim Scheer war der Leiter der Normenausschüsse DIN 18800 Teil1 (Stahlbauten) und DIN 18800 Teil 3 (Plattenbeulen) und trieb deren Entstehung zielstrebig voran.

Joachim Scheer war von 1976 bis 1998 Herausgeber der Zeitschrift *Bauingenieur*. Unter seiner Leitung reüssierte die Zeitschrift zu beachtlicher Qualität. So hat er nicht nur die eingereichten Aufsätze aufmerksam gelesen, sondern auch die Rechengänge kritisch verfolgt. Ich erinnere mich gut, dass er den länglichen Rechenweg in einem Aufsatz eigenhändig nachprüfte, um dem Autoren dann mitzuteilen, dass er offenbar Fehler in seiner Herleitung habe und den Aufsatz zurückwies. Wo gibt es sowas heute noch? Aber die Leserschaft des *Bauingenieur* wuchs und stabilisierte sich dadurch.

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (BWG) - eine wissenschaftliche Akademie der Universitäten Braunschweig, Hannover und Clausthal - verliert mit ihm ein treues und sehr aktives Mitglied. Mit seinem Engagement als Vorsitzender der sehr erfolgreich arbeitenden Kommission *Recht und Technik* hat er auch zur Außenwirkung der BWG als wissenschaftlicher Institution in seiner aktiven Zeit entscheidend beigetragen. So erinnert man sich in der BWG immer gern und dankbar an ihn.

Seine Mitarbeiter genossen einen großen Freiraum bei ihrer Arbeit. Er nannte es *das Prinzip der langen Leine*. Bemerkenswert war in diesem Kontext seine Art, Verantwortung zu delegieren. Sein Gedankenmodell war die Situation, er sei abwesend, aber es muss rasch ohne ihn eine Entscheidung gefällt werden. Für solche Situationen erfand er, in Übernahme von Kant, den - von mir so genannten - Scheerschen Kategorischen Imperativ: *Handle in Institutsangelegenheiten stets so, dass die Maxime deines Handelns zu den Grundlagen der Scheerschen Prinzipien passt*. Was aber waren seine Prinzipien?

1. Beachten von Regeln und Gesetzen, nicht unbedingt selbstverständlich an Unis.
2. Sorgfältiges und zügiges Arbeiten im Großen wie im Detail und nicht in der Mitte aufgeben (vgl. Herausgeberschaft *Bauingenieur*)!
3. Tatkräftiges, energisches Vorantreiben eigener und fremder Arbeiten und der dazu eingesetzte effiziente und enorm fleißige Arbeitsstil.
4. Verantwortlich ist man nicht nur für das, was man tut, sondern auch für das, was man nicht tut.





### 5. Prinzip der Freiheit der Mitarbeiter und sein kategorischer Imperativ.

Es verwundert nicht, dass Joachim Scheer bei solchen Eigenschaften ein gefragter Mann für viele Aufgaben war:

- Vorsitzender und natürlich auch Mitarbeiter zahlreicher Fachvereinigungen und Normungs-Komitees
- Spiritus rector der Stahlbaunormenreihe DIN 18 800, ein wichtiger Schritt ins Neuland!
- Mitglied des Deutschen Ausschusses für Stahlbau – der wissenschaftlichen Vereinigung des deutschen Stahlbaus
- Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG)
- Langjähriger Herausgeber der Zeitschrift Bauingenieur, wie oben erwähnt
- Prüffingenieur bei so herausragenden Objekten wie z.B. der Messehalle 2 in Hannover, zahlreiche Brücken und Maste bzw. Türme

Alle, die das Vergnügen hatten, mit ihm zusammenzuarbeiten, trauern sehr um ihn. Sie haben ihm viel zu verdanken, er hat allen viel gegeben. Das wird gut erfasst durch den Aphorismus des indischen Dichters und Philosophen Tagore:

*Leuchtende Tage...*

*Weine nicht, dass sie vorüber,*

*Lächle, dass sie gewesen.*

Udo Peil



## Zuwahlen 2020

### Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

*Zum ordentlichen Mitglied wurde am 28.08.2020 gewählt:*

**Beuermann, Sabine, Professorin Dr. rer. nat.**

Leiterin des Instituts für Technische Chemie an der TU Clausthal, Professorin für Technische Chemie

### Klasse für Ingenieurwissenschaften

*Zum ordentlichen Mitglied wurde am 28.08.2020 gewählt:*

**Beer, Michael, Prof. Dr.-Ing.**

Institut für Risiko und Zuverlässigkeit, Leibniz Universität Hannover, Professor und geschäftsführender Institutsleiter

### Klasse für Geisteswissenschaften

*Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 28.08.2020 gewählt:*

**Hans Michael Heinig, Prof. Dr. jur.**

Lehrstuhl für Öffentliches Recht, Kirchenrecht und Staatskirchenrecht, Juristische Fakultät der Georgia-Augusta-Universität Göttingen, Leiter des Kirchenrechtlichen Instituts der EKD

**Jipp, Meike, Professorin Dr. rer. soc.**

TU Braunschweig/abgeordnet DLR Braunschweig, Institut für Verkehrssystemtechnik, Professorin für Human Factors im Verkehr, Abteilungsleiterin Human Factors



## Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949-2020

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h. c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h. c., Dr.-Eng. h. c., Dr. Techn. h. c., em. o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E. h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller* †, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h. c., Dr. h. c., Evan-Pugh Res., Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing. E. h., Professor in Münster.
- 1954 *Max Strutt* †, Dr. techn., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich/Schweiz.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., Dr. h. c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr. phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann* †, Dr. sc. nat. habil., Dr. rer. nat. h. c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Karman* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. rer. nat. h. c. mult., LL. D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.
- 1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1962 *Walter Schottky* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. rer. nat. h. c., Dr. techn. h. c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.
- 1963 *Gottfried Köthe* †, Dr. phil., Dr. h. c., Dr. rer. nat. h. c. mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., Dr.-Ing. E. h., Professor und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>



- 1965 *Albert Betz* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h., Dr. sc. techn. h. c., Professor und vormalig Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.
- 1966 *Wilhelm Becker* †, Dr. phil., Dr. h. c., em. o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.
- 1967 *Henry Görtler* †, Dr. phil. habil., LL. D. h. c., em. o. Professor für Mathematik und vormalig Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i. Br..
- 1968 *Egon Orowan* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA.
- 1969 *E. Arne Bjerhammar* †, tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm/Schweden.
- 1970 *Elie Carafoli* †, Dr. rer. nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik am Polytechnischen Institut Bukarest und vormalig Direktor des Institut de Mécanique des Fluides "Traian Vuia" in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger* †, Dr. rer. techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormalig Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann* †, Dr. techn., Ph.D., ScD, Dr. rer. nat. h. c., Dr. Sc. h. c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.
- 1974 *Friedrich Tamms* †, Dr. h. c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill* †, FRS, FRAeS, Hon. D. Sc. mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser* †, Dr. phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland/USA.
- 1977 *Helmut Moritz*, Dr. techn., Dr.-Ing. E. h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.
- 1977 *László Fejes Tóth* †, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.
- 1978 *Ulrich Grigull* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt* †, Dr. phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.





- 1980 *Hans Kuhn* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c., Professor und vormalig Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.
- 1981 *Martin Kneser* †, Dr. rer. nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.
- 1982 *Walter Burkert* †, Dr. phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.
- 1983 *Leopold Müller* †, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorarprofessor für Felsmechanik an der Universität Salzburg/Österreich.
- 1984 *Heinz Beneking* †, Dr. rer. nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH, Aachen.
- 1985 *Gerhard Ertl*, Dr. rer. nat., Dr. h. c. mult., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.
- 1986 *Arno Borst* †, Dr. phil., o. Professor für Mittelalterliche Geschichte an der Universität Konstanz.
- 1987 *Olgierd Cecil Zienkiewicz* †, FRS, Ph.D., D.Sc., Hon. D.Sc. mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales/Swansea/Großbritannien.
- 1988 *Heinz Brauer* †, Dr.-Ing., Professor für Chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.
- 1989 *Herbert Walther* †, Dr. rer. nat., Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching.
- 1990 *Raymond Klibansky* †, Dr. phil., Dr. phil. h. c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal/Kanada und Fellow des Wolfson College Oxford.
- 1991 *Wilfried B. Krätzig* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.
- 1992 *Ernst-Dieter Gilles* †, Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.
- 1993 *Hans-Heinrich Voigt* †, Dr. rer. nat., em. o. Professor für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.
- 1994 *Josef Fleckenstein* †, Dr. phil., em. o. Professor für Mittelalterliche Geschichte, zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen.
- 1995 *David G. Crighton* †, FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge/Großbritannien.
- 1996 *Gerhard Frey*, Dr. rer. nat., Dr. h. c. mult., Professor für Mathematik an der Universität Essen.
- 1997 *Arnold Esch*, Dr. phil., Professor für Mittelalterliche Geschichte, Direktor des Deutschen Historischen Instituts in Rom/Italien.

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>



- 1998 *Christian Menn* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E. h., em. Professor für Konstruktiven Ingenieurbau an der ETH Zürich/Schweiz.
- 1999 *Christian Wandrey*, Dr. rer. nat., Professor für Biotechnologie, Universität Bonn, Direktor des Instituts für Biotechnologie des Forschungszentrums Jülich.
- 2000 *Klaus J. Hopt*, Dr. jur., Dr. phil., Dr. iur. h. c. mult., Professor für ausländisches und internationales Privatrecht, Universität Hamburg, Direktor des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg.
- 2001 *Robert Piloty* †, Dr.-Ing., Professor em. für Datentechnik an der Technischen Universität Darmstadt.
- 2002 *Wolfgang Krätschmer*, Dr. rer. nat., Professor für Kern- und Astrophysik am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg.
- 2003 *Niklot Klüßendorf*, Dr. phil., apl. Professor für Numismatik und Geldgeschichte an der Philipps Universität, Marburg.
- 2004 *Joachim Milberg*, Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Dr.-Ing. E. h. mult., Professor für Maschinenbau und Produktionswissenschaften, München.
- 2005 *Klaus von Klitzing*, Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult., Professor für Festkörperphysik, Direktor am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Honorarprofessor an der Universität Stuttgart.
- 2006 *Peter Bürger* †, Dr. phil. habil., Professor em. für Literaturwissenschaft (Französisch) und Ästhetische Theorie an der Universität Bremen.
- 2007 *Herbert A. Mang*, Dipl.-Ing. Dr. techn. Ph.D. Dr. h. c. mult., Ordentlicher Universitäts-Professor für Elastizitäts- und Festigkeitslehre an der Technischen Universität Wien/Österreich
- 2008 *Rudolf K. Thauer*, Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c. mult., Professor für Mikrobiologie, Direktor des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie, Marburg.
- 2009 *Walther Ludwig*, Dr. phil. Dr. h. c., Professor em. für Klassische Philologie an der Universität Hamburg.
- 2010 *Klaus Streubel*, Dr. rer. nat., LED-Technologie, Leiter Forschung und Technologie der Osram GmbH, Augsburg.
- 2011 *Angela D. Friederici*, Dr. phil. Dr. h. c., Professorin für Neuropsychologie und Direktorin des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig.
- 2012 *Werner Oechslin*, Dr. phil. Dr. h. c. mult., Professor em. für Geschichte und Theorie der Architektur an der ETH Zürich, Schweiz.
- 2013 *Wolfgang Schröder*, Dr.-Ing., Professor für Strömungsmechanik an der RWTH Aachen.
- 2014 *Klaus Müllen*, Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult., Prof. für Organische Chemie, Direktor des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz.
- 2015 *Johannes Friedrich*, Dr. phil., Dr. h. c. mult., Professor für Geschichte an der Johann



Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main.

- 2016 *Reiner Rummel*, Dr.-Ing. Dr. h. c. mult., Prof. em. für Geodäsie an der TU München.
- 2017 *Antje Boetius*, Dr. rer. nat., Professorin für Geomikrobiologie am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Universität Bremen und Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
- 2018 *Paul Kirchhof*, Dr. iur. Dr. h. c. mult., Prof. em. für Öffentliches Recht und Steuerrecht, Professor *Distinctus* der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Bundesverfassungsrichter a. D.
- 2019 *Manfred Curbach*, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h., Prof. und Institutsdirektor für Massivbau, Technische Universität Dresden
- 2020 *Emmanuelle Charpentier*, Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult., Professorin und Gründungsdirektorin der Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene, Berlin



<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.





<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202109021534-0>

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.  
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.